

## 第29次南極地域観測隊気象部門報告 1988

松原廣司\*・土井元久\*・上窪哲朗\*・岡田憲治\*

Meteorological Observations at Syowa Station in 1988  
by the 29th Japanese Antarctic Research Expedition

Kouji MATSUBARA\*, Motohisa DOI\*, Tetsuro UEKUBO and Kenji OKADA\*

**Abstract:** This paper describes the results of meteorological observations (mainly surface and upper-air) at Syowa Station from February 1, 1988 to January 31, 1989 and ozone observations on board the icebreaker SHIRASE during the period from November 1987 to December 1987. Methods and equipment for observations were the same as JARE-28. Surface and upper-air data were sent to World Meteorological Center at Melbourne via Mawson Station according to the WMO regulations.

Remarkable characteristics are as follows:

- 1) A large-scale stratospheric sudden warming and an abrupt increase of total column ozone took place during the period from the end of August to early September. It was experienced for the first time that such a large sudden warming occurred in August.
- 2) The frequency of blizzards that hit our station was the minimum since 1960.
- 3) On March 21, the cyclone passing over the sea north of Syowa Station became strong abruptly and strong wind blew. Maximum instantaneous wind speed was 49.9 m/s, which was the maximum record in March.
- 4) Monthly mean sea level pressure of June was 1001.5 mb, which was the maximum record in June and the second highest for the total period of observation.

**要旨:** この報告は第29次南極地域観測隊気象部門が、1988年2月1日から1989年1月31日まで昭和基地において行った地上および高層気象観測の結果並びに1987年11月から12月に行った「しらせ」船上でのオゾン観測結果をまとめたものである。観測方法、設備、結果の取り扱い等はほぼ第28次観測隊と同じである。

越冬期間中特記される気象現象としては、次のものがあげられる。

- 1) 8月下旬から9月上旬にかけて、大規模な成層圏突然昇温と昇温に伴うオゾン全量の急激な増加が観測された。特に8月の昇温の規模は、観測開始以来の最大であった。
- 2) 年間ブリザードの襲来が回数、日数共に少なく1960年以来の最低を記録した。
- 3) 3月21日に昭和基地の北を通過した低気圧が急激に発達したため、最大瞬間風速 49.9 m/s を記録し、月の最大瞬間風速記録を更新した。
- 4) 6月の月平均気圧(海面)は、1001.5 mb を記録し、月の第1位の記録を更新した。また、この値は年の第2位の記録を更新した。

### 1. はじめに

第29次南極地域観測隊越冬隊気象部門は、1988年2月1日に第28次観測隊より昭和基地での定常観測業務を引き継ぎ、1989年1月31日までの1年間観測を行った。基地における定

\* 気象庁, Japan Meteorological Agency, 3-4, Otemachi 1-chome, Chiyoda-ku, Tokyo 100.

常観測の項目、方法、観測施設などは、ほぼ第 28 次観測隊と同じである（金戸他，1990）。地上気象観測および高層気象観測の結果はただちに整理し、モーンソン基地経由でメルボルンの世界気象中樞（WMC）に通報した。また、昭和基地への往路で観測船「しらせ」船上において気水圏部門と協力し、赤道域から南極域までオゾンゾンデ観測を行った。

得られたデータは Antarctic Meteorological Data, Vol. 29 (JAPAN METEOROLOGICAL AGENCY, 1990) として印刷発表したが、ここでは観測の経過と結果を述べる。

## 2. 地上気象観測

### 2.1. 観測方法と測器

観測は、地上気象観測法(気象庁)および世界気象機関(WMO)の技術基準類に基づいて行い、統計業務については地上気象観測統計指針(気象庁)により行った。気圧、気温、露点温度(湿度)、風向・風速、日照時間、全天日射量の測定は、総合自動気象観測装置(AMOS)により連続記録および毎正時の記録を行った。表 1 に使用測器を示す。

目視観測のうち、雲と天気については 1 日 8 回 (00, 03, 06, 09, 12, 15, 18, 21 UT)、視程と大気現象は随時観測した。

表 1 地上気象観測測器  
Table 1. Instruments of surface observaton.

観測項目	測器名	形式名	設置場所	備考
気圧	ステーション型 水銀気圧計	抵抗変化式 S-172	気象棟	920-1030 mb
気温	白金抵抗温度計	TE-3R	百葉箱	100 Ω at 0°C
露点温度	塩化リチウム露点 計	YEW-6131-2200 YEW-6131-2200/Z	百葉箱	235.116 Ω at 0°C
風向、風速	風車型風向風速計	KE-500	測風塔	ベクトル・アナログ式
全天日射量	熱電堆式 A 型ネオ 日射計	MS-43F	気象棟屋上	7 mV/kW
日照時間	スリット回転式日 照計	SSR-360	気象棟裏山	0.12 kW/m <sup>2</sup> 1988.2.29 まで使用
	回転式日照計	MS-091		0.12 kW/m <sup>2</sup> 1988.3.1 から使用 北向き、南向きの 2 台設置
JMA-AMOS 地上系	データ処理部 入出力装置	メインメモリー 128K キャラクターディスプレイ： プリンター：	ワード：2113E 2645 A 2635 A	

### 2.2. 経過

AMOS 地上系の各測器はおおむね順調に作動し、収集データは AMOS 高層系にオンラインで伝送され、ディスクカートリッジに保存すると共に各種統計業務を行った。気圧、気温、露点温度は、それぞれフォルタン型水銀気圧計およびアスマン通風乾湿計により月数回の比較観測を行った。

2.3. 観測結果

図1と表2に1年間の観測結果を、表3にブリザード統計結果（昭和基地独自の基準による）を示す。

越冬期間の天気の特徴は、年間のブリザードが9回15日と著しく少なく、1960年以降最少であった。

2月：上・中旬は風が弱く比較的穏やかな天気が続いた。下旬は周期的に低気圧が接近し、強風が吹いたがブリザードにはならなかった。中旬より広がった開水面は、27日からの接近した低気圧の強風によりさらに広がった。

3月：気温は高めに経過した。特に中旬後半から下旬後半にかけて気温の高い日が続いた。積雪は少なくブリザードはなかった。21日、北にあった低気圧が急激に発達し、午後から突

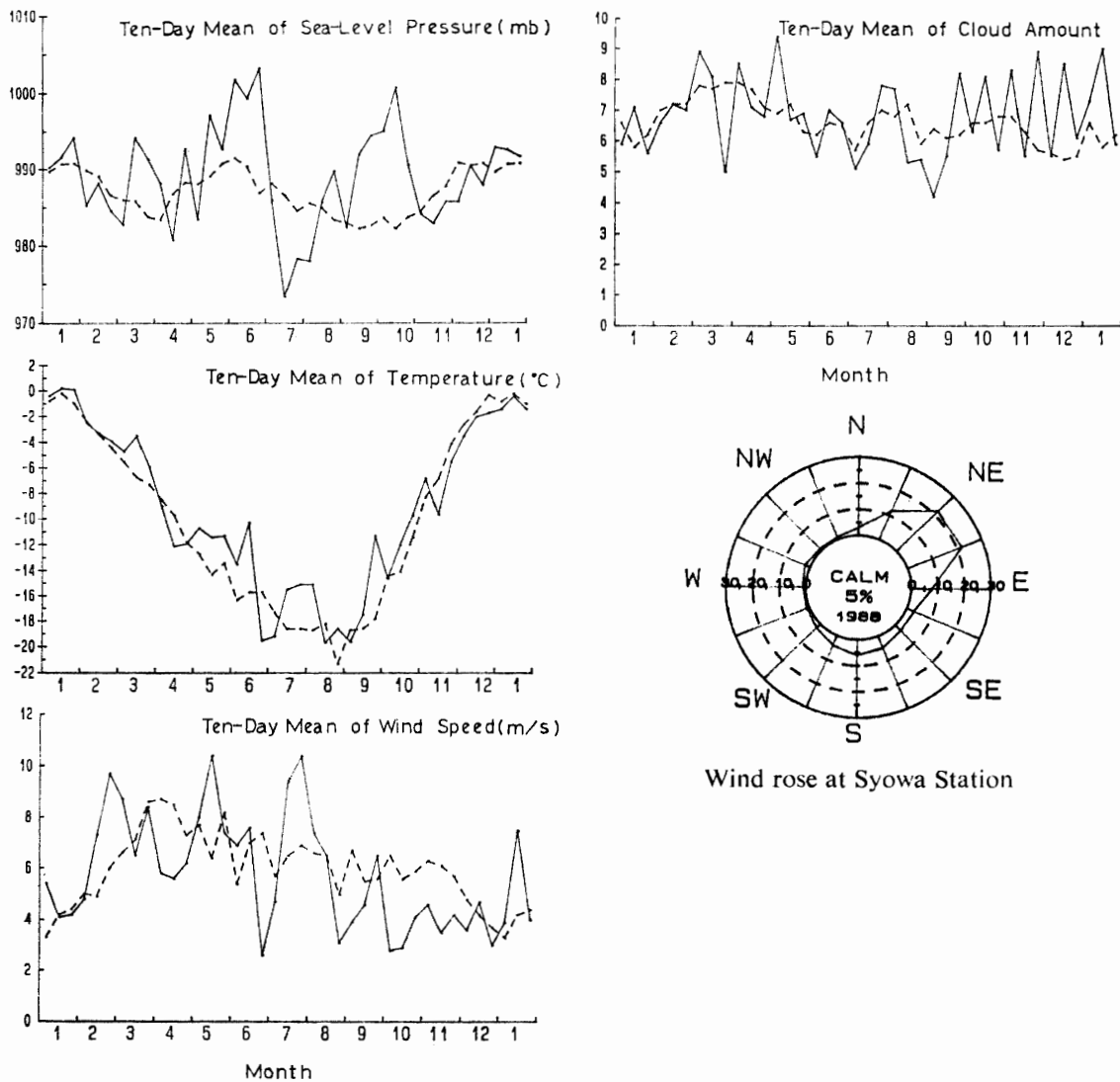


図1 地上気象観測結果（破線は1957-1980年の累年平均値）

Fig. 1. Annual variations of surface observations. Broken lines show normal values of 1957-1980.

表2 地上気象観測結果  
Table 2. Monthly summaries of surface observation in 1988.

		1988年1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	年平均	1989年1月
平均気圧(海面)	mb	992.1	986.1	989.5	987.2	991.2	1001.5	979.2	984.7	989.6	995.3	984.3	988.1	989.1	992.4
平均気温	°C	-0.1	-3.2	-4.7	-11.0	-11.1	-14.4	-16.6	-17.9	-16.2	-12.1	-7.3	-2.4	-9.8	-1.1
最高気温の極	°C	5.5	0.7	1.5	-3.8	-2.9	-3.4	-5.8	-7.9	-5.4	-2.7	2.4	3.3	M 5.5	5.6
同	起日	29	22	16, 17, 21	5	30	17, 18	22	6	27	31	30	29	1月29日	23
最低気温の極	°C	-7.7	-9.4	-10.5	-23.2	-22.0	-30.9	-29.8	-30.0	-29.6	-24.7	-15.8	-9.3	M -30.9	-7.5
同	起日	22	26	25, 26	25	13	28	11	30	18	7	17	6	6月28日	28
平均蒸気圧	mb	4.2	2.9	2.8	1.9	1.8	1.5	1.2	0.9	1.1	1.4	2.2	3.4	2.1	3.7
平均湿度	%	69	60	64	70	63	62	58	56	57	55	63	65	61.8	66
平均雲量		6.2	6.9	7.3	7.5	7.6	6.4	6.3	6.1	5.9	6.7	7.6	6.7	6.8	7.3
平均風速	m/s	4.6	7.2	7.9	5.9	8.6	5.7	8.3	5.6	5.0	3.3	4.1	3.7	5.8	5.1
最大風速	m/s	26.3	30.0	29.1	21.7	35.3	28.3	36.7	34.4	27.9	21.0	14.2	34.6	M 36.7	26.8
同風向	同起日	NE 3	ENE 28	E 21	NE 29	ENE 30	ENE 15	ENE 21	NE 16	E 12	ENE 23	E 1	NE 13	7月21日	ENE 11
最大瞬間風速	m/s	33.2	41.1	49.9	26.6	42.0	34.6	44.5	41.6	34.2	26.8	17.8	43.0	M 49.9	32.5
同風向	同起日	NE 3	ENE 28	E 21	NE 29	ENE 30	ENE 15	ENE 21	NE 16	E 12	ENE 23	ENE 1	NE 13	3月21日	ENE 11
日照時間	h	371.8	229.3	119.9	69.4	13.3	—	3.9	83.2	142.6	313.6	297.1	438.0	* 2082.1	356.8
日照率	%	52	46	30	27	12	—	7	38	42	65	47	59	47	50
全天日射量	MJ/m <sup>2</sup>	744.9	433.9	195.0	61.7	6.7	—	1.6	49.6	185.7	492.9	693.8	907.1	* 3772.9	771.5
暴風日数	10.0-14.9 m/s	8	12	14	9	9	9	11	7	5	4	12	3	* 103	7
	15.0-28.9 m/s	5	6	10	10	11	11	10	9	10	3	0	2	* 87	6
	29.0 m/s 以上	0	1	1	0	2	0	2	3	0	0	0	1	* 10	0
	計	13	19	25	19	22	20	23	19	15	7	12	6	* 200	13
天気日数	快晴(雲量<1.5)	4	2	1	13	1	6	6	5	5	3	3	3	* 52	0
	曇(雲量≥8.5)	11	12	16	12	18	12	11	13	9	13	16	13	* 156	15
	雪	11	12	14	21	18	15	22	19	15	9	16	13	* 185	10
	霧	4	0	0	0	0	0	0	1	3	3	0	0	* 11	6
最低海面気圧	(≤970 mb)	—	966.5	—	—	960.1	—	946.9	964.7	—	—	965.7	968.1	M 946.9	—
同	起日	—	5	—	—	30	—	7	9	—	—	5	13	7月7日	—

M: 年極値, \* 年合計

表3 プリザード統計結果  
Table 3. The date of heavy snow storms (blizzard) in 1988.

月	開始日時 <sup>1)</sup> 日 時 分	終了日時 日 時 分	継続時間 時間 分	階級*	最大風速 m/s 風向 起日	最大瞬間風速 m/s 風向 起日	最低海面 気圧 <sup>2)</sup> mb 起日
4	29 17 20	30 1 20	8 0	C	21.7 NE 29	26.6 NE 29	
5	30 1 0	30 15 50	14 50	B	35.3 ENE 30	42 ENE 30	960.1 30
6	3 20 40	4 7 30	10 50	C	21.4 NE 4	25.8 NE 4	
	17 19 20	18 9 20	14 0	C	22.2 NE 18	28.5 NE 18	
7	6 11 30	6 21 30	10 0	C	26.2 ENE 6	32.2 ENE 6	
	15 14 40	16 3 15	12 35	B	33.1 ENE 15	40.1 ENE 15	955.8 15
	20 20 30	21 21 30	25 0	A	36.7 ENE 21	44.5 ENE 21	958.6 21
8	9 1 20	9 8 30	7 10	C	29.3 ENE 9	36.4 ENE 9	964.7 9
	16 17 30	17 5 30	12 0	C	34.4 NE 16	41.6 NE 16	969.6 16

\* 階級分類 A級：視程 100m 未満，風速 25 m/s 以上，継続時間 6時間以上  
B級： 1000m 未満， 15 m/s 以上， 12時間以上  
C級： 1000m 未満， 10 m/s 以上， 6時間以上

<sup>1)</sup> 開始，終了日時はそのブリザードが，C級以上の強度となった期間。

<sup>2)</sup> 最低海面気圧は，970mb 以下になったもののみ。

風が間欠的に吹き，最大瞬間風速 49.9 m/s を記録し，月の最大瞬間風速第1位の記録を更新した。

4月：一般的に風が弱く穏やかな天気が続き，気温は低めに経過した。29日に越冬開始以来初めてのブリザードが襲来した。

5月：低気圧が周期的に接近し，月を通じて気温は高めに経過した。30日にB級ブリザードが襲来し，越冬開始以来初めて本格的な降雪となった。月平均気温，月平均最低気温とも月の第2位の高い値を記録した。

6月：C級ブリザードが上旬と中旬にそれぞれ1回あったものの，大陸の高気圧の勢力が強く，全般に穏やかな天気が続いた。気温は上・中旬は5月に引続き高めに経過したが，下旬には低くなった。月平均気圧(海面)は，1001.5 mb を記録し，月の第1位の記録となった。この値はこの1年間を通じても第1位の高い記録で，過去の記録と比較しても1976年12月の1003.0 mb に次ぎ第2位の記録となった。

7月：月の前半はC級ブリザードが1回あったが，穏やかで気温は高めに経過した。後半はA級，B級それぞれ1回のブリザードをもたらした低気圧を含め，低気圧が次々に接近したため，ぐずついた天気が続き気温は高めに経過した。月平均風速は後半の寄与が大きく，月の第3位の強い記録となった。

8月：上・中旬にC級ブリザードが1回ずつあったが，一般的に穏やかで暖かい日が続いた。下旬に成層圏で大規模な気温上昇(突然昇温)が起こったが，このような規模の気温上昇は観測開始以来初めてであった。

9月：低気圧が周期的に接近したが勢力が弱く、ブリザードとはならず穏やかな天気が続いた。気温は上旬やや低かったものの、中・下旬は高めに経過し、特に下旬は高かった。月平均気圧（海面）は第2位の高い値（989.6 mb）を記録した。

10月：ほぼ10日周期で天気に変化したが、低気圧は北方海上を通過するのみであったためブリザードはなく、月を通じて良い天気続き、風は弱く気温は高めに経過した。月平均気圧（海面）は高い値を示し月の第1位の記録を更新し、月間日照時間も第1位の多い記録を更新した。

11月：10月に引き続き低気圧が北方海上を通過したため、月を通じてブリザードはなく風の弱い日が続いた。気温は上旬は高めであったが、中・下旬は低めに経過した。風の弱い日が続いたため、月平均風速、月最大風速、月最大瞬間風速の各項目とも月の第1位の弱い値を更新した。

12月：11月に引き続き、気温は低めに経過した。全般に風の弱い日が多かったが、13、14日にかけて低気圧が接近し、月最大風速、月最大瞬間風速の月の第1位の記録を更新する風が吹いた。ブリザードはなかった。

1月：中旬に低気圧が接近し風が強まり、曇りがちの日が多かったが全般的に穏やかに経過した。気温は平年並みであった。平均風速は、中旬が平年を上回ったほかは平年並みであった。

### 3. 高層気象観測

#### 3.1. 観測方法および機器

高層気象観測指針（気象庁）に基づき、RS2-80型レーウィンゾンデにヘリウムガスを充てんした自由気球に吊り下げて飛揚し、上空約30 km (10 mb) までの気圧、気温、風向・風速、および気温が $-40^{\circ}\text{C}$ になる高度までの相対湿度を1日2回(00, 12 UT)観測した。観測器材および地上施設を表4に示す。

レーウィンゾンデが発信する信号は自動追跡記録型方向探知機(JMA-D55B-2)で受信し、総合気象観測装置(AMOS)高層系で解析、記録、計算、作表を行った。また、観測結果は、AMOSで国際気象通報式(FM-35V)により電報を作成し、モーソン基地経由でメルボルンの世界気象中核(WMC)へ通報した。

気球充てんのヘリウムガスカードル(7 m<sup>3</sup> ボンベ8本組)は第27, 28次観測隊と同じ場所へ設置した。

#### 3.2. 観測経過

1988年2月1日00 UTから観測を開始し、1989年1月31日12 UTまで観測を行った。観測状況を表5に示す。強風時には気水圏部門からの応援も得て飛揚を行ったため、強風による欠測は1回もなかった。表中の欠測2回はエアロゾルゾンデおよびオゾンゾンデ飛揚を行

表 4 高層気象観測器材および地上施設

Table 4. Sensors and instruments of aerological observations.

RS2-80 型レーウィンゾンデ			
センサー	気圧	空ごう気圧計	
	気温	サーミスター温度計	
	湿度	カーボン湿度計	
電池	注水電池		
気球	600g 気球	浮力 2200g	
夜間は追跡補助燈を使用 強風時は遅動式巻下器を使用			
AMOS 高層系			
中央処理装置	64K	ワード	HP2113E
ディスクドライブ	20M	バイト	HP7906
ディスクコントローラー	HP13037B		
グラフィックディスプレイ	HP2648A		
プリンター	HP2635A		
入力信号変換部	78H23L		
コード変換器	3524S		
紙テープ受信さん孔器	TP-30		
ゾンデ追跡装置			
JMA-D55B-2 型 自動追跡記録型方向探知機			

表 5 高層気象観測状況

Table 5. Number of observations and attained height of aerological observations by JARE-29.

項目	1988												1989	合計 (平均)	
	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1			
観測回数	59	65	61	67	62	68	66	64	63	62	61	62	760		
再観測回数	1	2	1	3	2	6	2	3	1	2	0	0	23		
資料欠如回数	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	2		
欠測回数	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	2		
その他の観測	0	1	0	2	0	0	3	1	0	0	0	0	7		
到達高度	平均	(km)	27.3	27.2	25.9	24.7	25.5	24.7	25.4	26.9	28.0	28.1	29.4	29.7	26.9
		(mb)	19.4	17.6	19.4	23.5	16.3	18.3	17.3	17.6	14.9	21.0	14.6	13.5	17.8
	最高	(km)	30.4	29.2	28.3	28.4	27.4	27.7	29.8	29.9	30.7	30.0	31.9	32.2	
		(mb)	9.5	12.6	12.2	10.5	11.8	9.5	11.1	10.1	9.4	11.5	9.8	9.3	

その他の観測には気水圏雲粒子ゾンデとの連結飛揚 6 回を含む。

ったことによる。その他の観測の内 6 回は気水圏雲粒子ゾンデとの連結飛揚、残り 1 回はブリザード接近時の臨時観測によるものである。資料欠如 2 回は D55B-2 パラボラアンテナ系の EL ユニット内の断続とプリアンプ不良により 100 mb までの観測が出来なかったものである。

表6 月別指定気圧面観測値  
 Table 6. Monthly summaries of aerological observation in the JARE-29 period.

項目	指定面 (mb)	1988 2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1989 1	平均
高度 (gpm)	850	1160	1179	1145	1171	1241	1060	1098	1140	1199	1126	1174	1216	1159
	700	2630	2657	2593	2621	2689	2486	2517	2572	2640	2569	2646	2696	2610
	500	5081	5115	4987	5017	5094	4851	4875	4960	5040	4972	5091	5159	5020
	300	8535	8560	8353	8363	8452	8142	8172	8297	8394	8360	8523	8629	8398
	200	11166	11171	10940	10868	10922	10572	10604	10746	10855	10937	11194	11271	10937
	100	15766	15685	15382	15146	15081	14608	14637	14861	15022	15368	15847	15894	15275
	50	20397	20184	19729	19309	19100	18517	18642	19063	19363	19957	20556	20570	19616
	30	23830	23489	22874	22316	21982	21377	21631	22292	22749	23496	24063	24058	22846
気温 (°C)	850	-10.7	-10.4	-14.6	-15.0	-15.8	-19.6	-20.3	-18.3	-16.6	-15.0	-10.3	-8.7	-14.6
	700	-18.3	-16.5	-22.7	-22.1	-22.0	-25.8	-26.9	-24.1	-22.6	-23.3	-18.5	-17.1	-21.7
	500	-30.7	-31.2	-37.4	-38.0	-36.5	-41.0	-41.4	-38.1	-37.2	-35.8	-32.3	-29.5	-35.8
	300	-52.7	-52.3	-56.7	-59.8	-60.1	-63.7	-62.8	-61.2	-60.3	-55.3	-51.6	-52.6	-57.4
	200	-47.6	-51.8	-52.6	-61.1	-67.0	-71.0	-71.7	-69.8	-68.4	-55.7	-45.2	-46.5	-59.0
	100	-45.9	-51.0	-56.4	-65.1	-71.3	-77.8	-76.2	-69.6	-65.5	-52.3	-42.5	-44.1	-59.8
	50	-44.0	-51.9	-61.2	-70.8	-78.3	-82.4	-75.2	-61.6	-52.6	-40.8	-40.0	-41.3	-58.3
	30	-42.6	-52.2	-63.2	-73.1	-81.6	-82.3	-71.6	-52.1	-41.2	-33.5	-37.4	-39.1	-55.8
風速 (m/s)	850	8.3	9.2	7.0	10.1	10.2	11.4	10.6	6.6	4.7	4.9	5.2	9.0	8.1
	700	6.1	7.2	8.6	8.9	8.0	7.9	9.4	2.8	4.3	4.7	5.0	6.6	6.6
	500	10.4	9.8	11.5	12.8	10.3	8.6	10.8	2.4	6.9	7.3	8.3	10.4	9.1
	300	18.6	16.4	17.8	18.7	18.1	11.2	12.4	8.1	13.4	10.7	10.8	15.7	14.3
	200	9.0	13.0	15.3	13.6	17.6	9.9	9.7	10.2	11.8	11.2	8.0	7.7	11.4
	100	6.1	9.7	18.1	17.3	16.6	14.7	16.1	19.7	17.9	14.1	5.9	3.9	13.3
	50	3.5	9.1	21.8	25.3	28.1	25.1	31.6	41.0	35.6	16.7	3.0	1.8	20.2
	30	2.4	8.7	24.6	29.9	35.0	34.3	45.0	59.7	44.1	17.2	6.4	4.5	26.0

(00UT)



観測器材の不良は発信器 1 台、空ごう気圧計 19 個、サーミスター温度計 2 個、カーボン湿度計 68 個であった。例年になくカーボン湿度計の不良が目立ったが、第 28 次観測隊からの残置器材の引き継ぎがあり観測への支障はなかった。

気球表面の油処理（通称油漬け）は 4 月上旬から 10 月上旬まで行い、例年より早く 8 月から始まった成層圏の突然昇温に対しては、気球の油処理を一時的に中断することにより十分な観測高度が得られた。また、油処理を気球の口管の内側にも行った結果、上空の最低気温が  $-80^{\circ}\text{C}$  以下の場合に観測高度が平均で 3 mb（高度約 1200 gpm）高くなった（3.4 章参照）。

AMOS に使用しているアースの接地抵抗は、海氷が融けている夏場は  $10\ \Omega$  程度であったが、海氷が厚くなるにつれて大きくなり、6 月には  $500\ \Omega$  を超えた。冬場に観測室内の加湿を止めたところ、静電気によるプリンターの誤動作が頻発した。観測室内の加湿は室内の湿度を大きく高める効果はないまでも、静電気の発生を抑える効果があるようだ。

ヘリウムガスカードルは 2 段に積み、下段から使用した。年間を通じて積雪が少なかったため、観測への支障はなかった。

D55B-2 と経緯儀の比較観測は 1 月 24 日に行った。

### 3.3. 観測結果

1988 年 2 月から 1989 年 1 月までの月別指定気圧面観測値（高度、気温、風速）を表 6 に示す。月平均指定気圧面高度を図 2 に示す。6 月の指定気圧面高度が各層にわたり高いが、これは大陸の高気圧の勢力が強く、月平均海面気圧が 1001.5 mb と高かったことによる。7 月には高度は平均値よりも低くなり、9 月、10 月になると再び高くなった。特に 30, 50 mb の

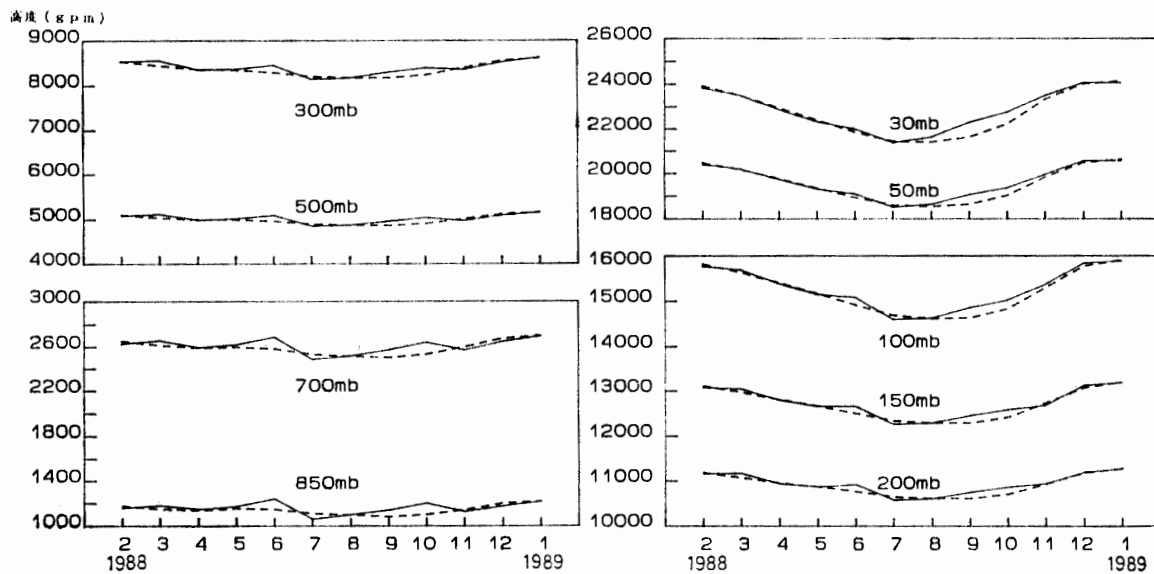


図 2 月平均指定気圧面高度（1988 年 2 月–1989 年 1 月）（破線は累年平均値）

Fig. 2. Monthly mean height at standard pressure levels (February 1988–January 1989) (broken lines show normal values of 1968–1988).

高度が高くなったのは突然昇温（6.4章参照）によるものである。また、例年 30, 50 mb の高度が最も低いのは 8 月であるが、1988 年は 7 月が最も低くなっている。これも突然昇温によるものである。

上層気温の年変化と月平均指定気圧面気温を図 3, 4 に示す。対流圏下部では平年よりも変動がやや大きい程度の変化であったが、30 mb では突然昇温に伴い 8 月から 10 月にかけて正の偏差が大きくなり、100 mb にまでその影響が及んでいる。

上層風成分の年変化を図 5, 6 に示す。東西成分は累年平均値に比べると、8 月に対流圏で東成分が卓越しており、8, 9 月は 30 mb の西成分が平年値よりも 10 m/s 以上強くなった。南北成分については、2, 3, 4 月に南成分が成層圏、対流圏上部を中心に卓越しており、9 月を中心に成層圏で北成分が大きく卓越していた。

年平均指定気圧面気温の経年変化を図 7 に示す。対流圏については 500 mb で気温の上昇傾向がある。成層圏については 1980 年代に入り下降傾向だった 30, 50, 100 mb の気温は 1988 年には大幅な上昇が見られ、特に 30 mb では  $-55.8^{\circ}\text{C}$  と 1987 年に比べて  $5.7^{\circ}\text{C}$  も上昇した。平年値と比べても  $2.9^{\circ}\text{C}$  の上昇であった。

年平均指定気圧面風成分の経年変化を図 8, 9 に示す(西および南成分を+とする)。500 mb までの対流圏では、北成分の絶対値が小さくなる傾向である。1980 年代に入って北成分が小さくなる傾向が続いていた 300 mb では、1986 年以降北成分がやや強まった。また、100 mb では 1987 年まではほとんど北成分であったが、1988 年は一転して南成分となった。30, 50 mb

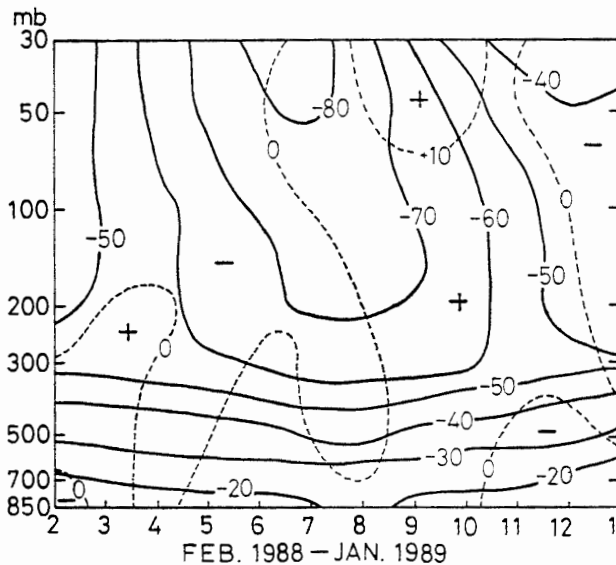


図 3 上層気温の年変化 (破線は累年平均値からの偏差)

Fig. 3. Annual variation of upper air temperature (broken lines show an anomaly from normal values of 1968-1988).

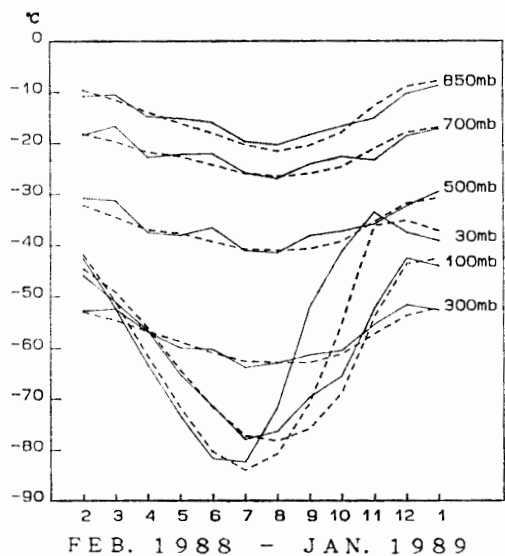


図 4 月平均指定気圧面気温 (破線は累年平均値)

Fig. 4. Monthly mean air temperature at standard pressure levels (broken lines show normal values of 1968-1988).

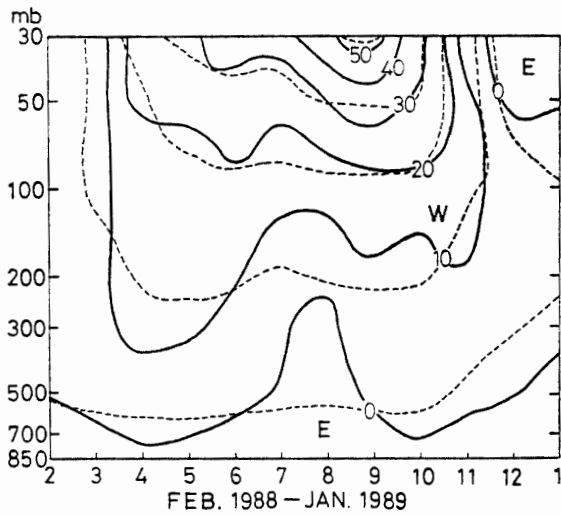


図 5 上層風東西成分年変化 (m/s) (破線は累年平均値)  
 Fig. 5. Annual variation of monthly mean wind components (east-west) (broken lines show normal values of 1968-1988).

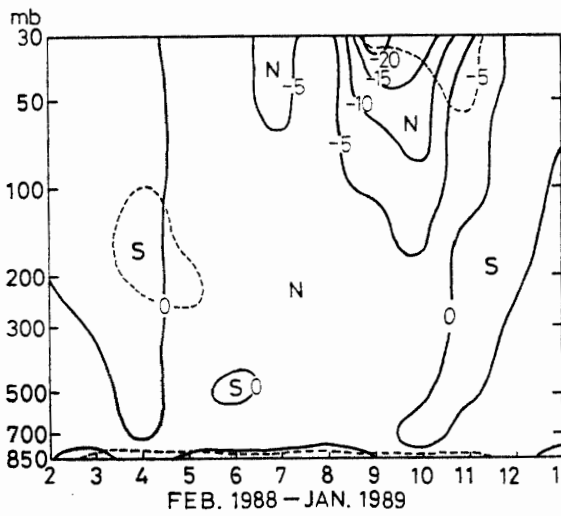


図 6 上層風南北成分年変化 (m/s) (破線は累年平均値)  
 Fig. 6. Same as Fig. 5, but north-south components.

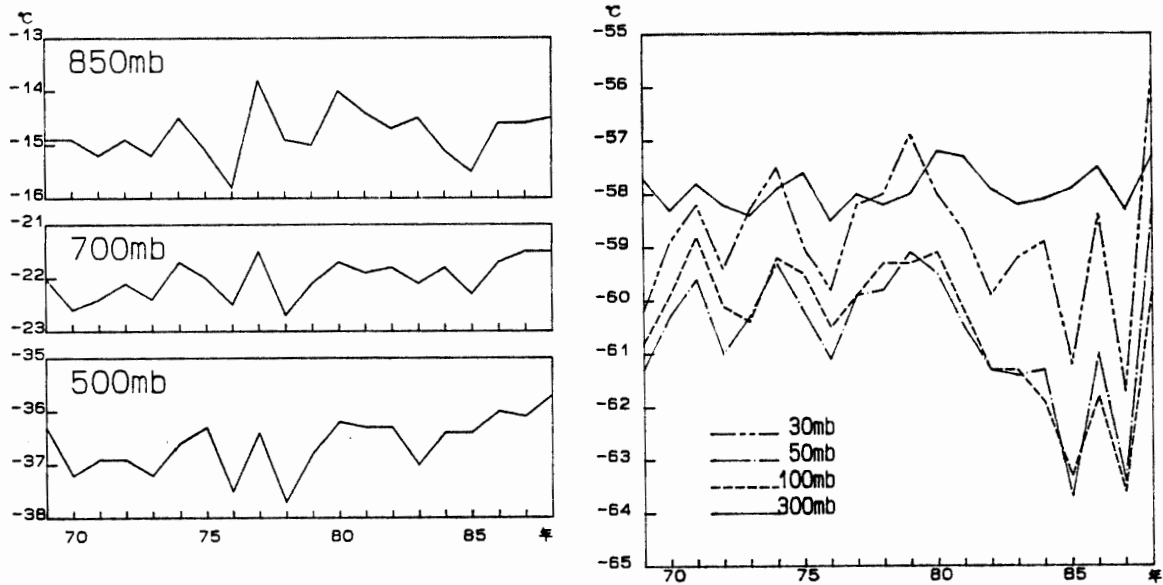


図 7 年平均指定気圧面気温の経年変化 (1969-1988)  
 Fig. 7. Year-to-year changes of air temperature at standard pressure levels.

は北成分が強まり、北成分の値は過去最大となった。

### 3.4. 気球表面の油処理

第 3 次観測隊から行っている気球表面の油処理 (通称油漬け) は、冬季上空の気温が低下して、気球の破裂高度が低下するのを防ぐのに役立っている。今回は、従来行ってきた気球本体の表面だけの油処理に加えて、口管 (図10) 裏、および裏面全体への油処理を試みた。

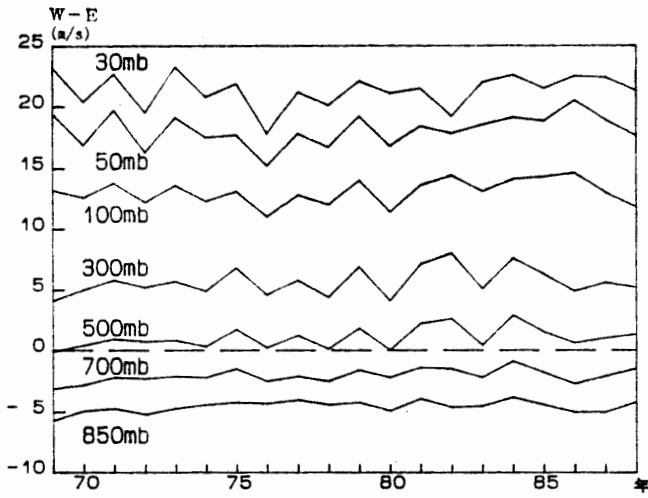


図 8 年平均指定気圧面風速東西成分の経年変化 (1969-1988)

Fig. 8. Year-to-year changes of wind components (east-west) at standard pressure levels.

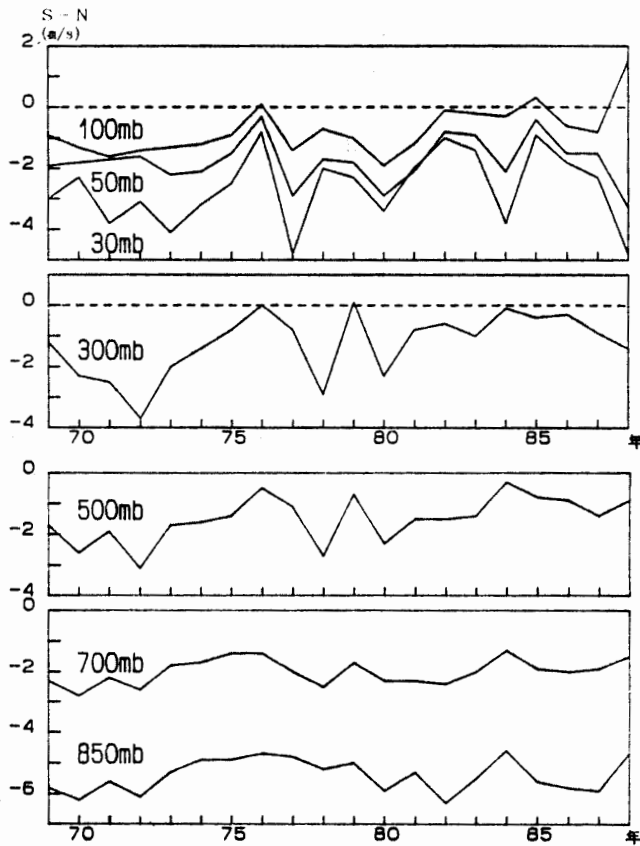


図 9 年平均指定気圧面風速南北成分の経年変化 (1969-1988)

Fig. 9. Same as Fig. 8, but north-south components.

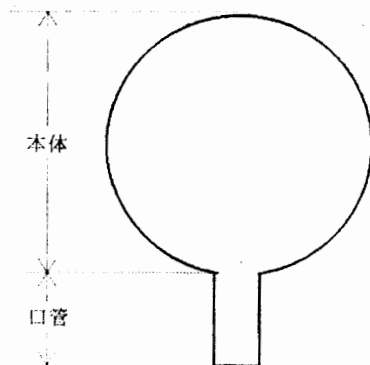


図 10 気球各部の名称

Fig. 10. Names of the balloon parts.

比較のために、全数の 1/3 を表面と口管裏、2/3 を本体の表面のみの油処理とした。口管裏への処理は結合部を含む口管裏全体に行った。

冬季、上空の最低気温が  $-80^{\circ}\text{C}$  以下になる 7-8 月の観測高度と、その時の上空の最低気温の関係を図11に示す。黒丸(●)印が口管裏にも油処理を行った場合、バツ(x)印は従来通り表面だけの油処理を行った場合を示す。観測高度の平均値は口管裏にも油処理を行った場合が 14.1 mb、従来の油処理を行った場合が 17.1 mb と両者の間には 3 mb の差があり、これは高度に換算すると、約 1200 gpm に相当する。しかも口管裏にも油処理を行った場合は観測高度のばらつきが小さく、安定した結果が得られた。この試みでは 7-8 月の上空の低温期にはっきりとした効果が現れたものの、それ以外の期間にはこの試みによる観測高度の差は小さかった。また、例年になく早く 8 月末から起こった一連の成層圏突然昇温期には油処理は逆効果になり、観測高度の低下が見られた。

気球裏面全体への油処理は 2 回試みたが、余分な油の除去方法が確立できず、20 mb までの観測が出来なかった。

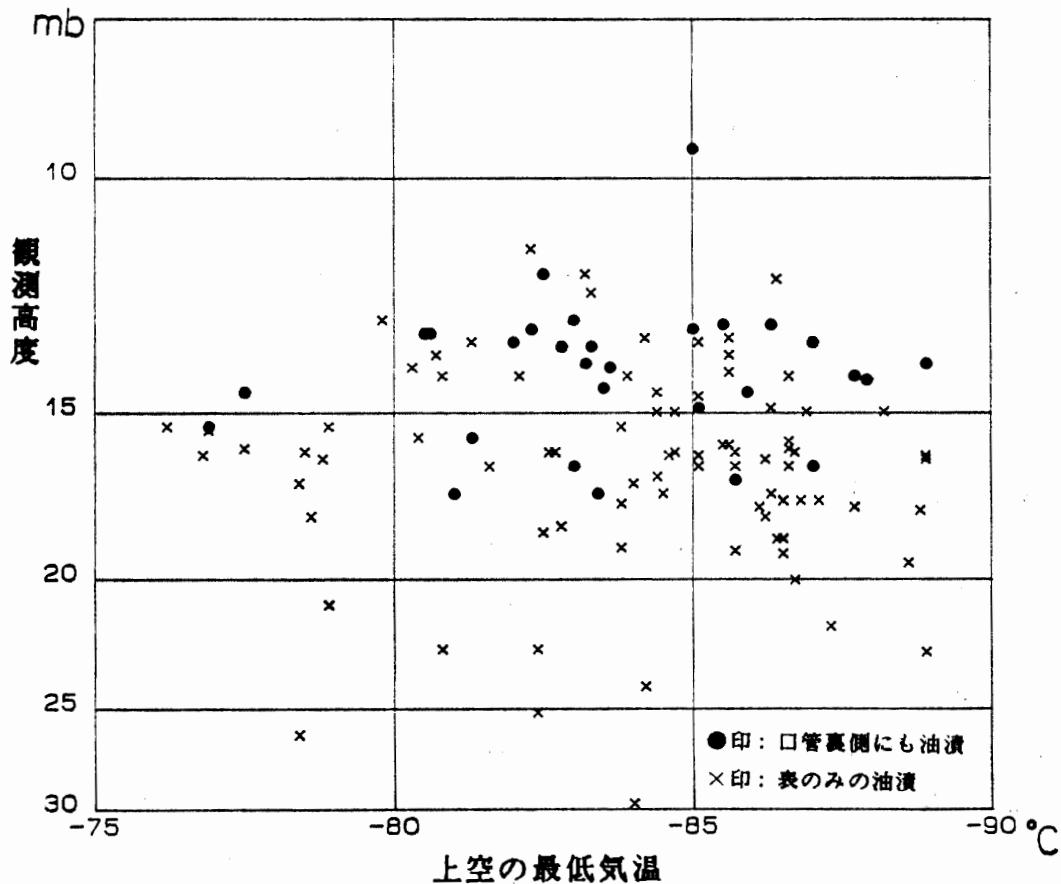


図 11 気球表面の油処理方法と観測高度の違い (7-8 月)  
 Fig. 11. Oil treatment and attained height (from July to August).

### 3.5. カーボン湿度計の温度・通風特性について

高層気象観測のシステムは、放球ボタンを押すと、同時に AMOS 地上系から地上気象観測値（気圧、気温、露点温度、湿度、平均風向、平均風速）が AMOS 高層系に取り込まれて放球時の地上気象観測値となるようにリンクされている。4月になり気温が  $-10^{\circ}\text{C}$  以下になり始めた頃から、放球時に地上系から取り込まれる湿度と、ゾンデから送られてくる湿度に差が出るのが観測されるようになり、比較のため放球時のゾンデのカーボン湿度計の観測値を1989年1月まで記録した。

強風時に巻下げ器を使用して放球した場合、地上系の観測値よりも10%以上低い観測値となることが35回あった。これは、強風時の放球直後はゾンデが風と同じ早さで横方向に流され、上昇がほとんどないためカーボン湿度計への通風が通常の上昇時よりも少ないと考えられる。このことを検証するために、放球前に百葉箱の中にゾンデを入れて比較観測を行った。カーボン湿度計への通風がない場合は百葉箱内の AMOS 地上系の湿度よりも約20%低く観測され、ファンによる通風を始めるとその差が約半分の10%程度になることが確かめられた。この差は外気の湿度に関係なく、ほぼ一定であった。ファンの通風を行ってもまだ10%程度低い観測値となるのは、ゾンデ上昇中は通常約6m/sで通風されるが、今回のファンの通風が弱かったためであろう。

一方、風が弱く湿度が低い場合にも、放球時のカーボン湿度計の値が10%以上低い場合があった。これも、放球直前に自然の通風がないためであろう。

また、気温  $-20^{\circ}\text{C}$  以下で、風速1m/s以下の時には逆にカーボン湿度計の観測値が高くなるのが7回観測された。同条件下で湿度が10%以上低く観測されたのは1回しかない。原因はカーボン湿度計の温度特性の可能性があるが、今後の検証が待たれる。

## 4. オゾン観測

### 4.1. 観測方法と測器

観測は、気象庁オゾン観測指針および気象庁特殊ゾンデ観測実施要領に準拠して、ドブソン分光光度計 (Beck-119) を使用した全量、反転観測とオゾンゾンデ (RS II-KC79D 型) を使用したゾンデ観測を行った。

#### (1) 全量観測

太陽光による観測は、A, D 波長組を用いた直射光および天頂光による観測を太陽北中時、午前および午後の  $\mu=1.5, 2.5$  を目標に行った。長期間データを取得するために、太陽高度の低くなる3-5, 8-10月にはC, D 波長組を用いて  $\mu=5-6$  まで観測を行った。また、太陽光による観測が行えない極夜時期の4-8月は、焦点法を用いてA, D 波長組による月光観測を月の北中時を目標に  $\mu$  が2.5まで行った。データの処理にはパソコン (マルチ16) を使用した。

(2) 反転観測

極域では太陽高度角の変化率が小さいために、通常の反転観測に替えて、太陽天頂角が 80-90°までのショート反転を主に行った。観測は太陽高度角が 10°未満の極夜時期および太陽が沈まない夏の期間を除いて行った。観測結果は生データをカナダの世界オゾンセンターに送って解析している。

(3) ゾンデ観測

ヨウ化カリウム溶液によるオゾン反応電流を測定する RS II-KC79D 型オゾンゾンデを使用して、オゾン分圧、気温および風向・風速の鉛直分布を測定した。地上設備は、高層気象観測設備と同じである。

データの解析、計算、作表は AMOS 高層系で行った。気球は 2000g を使用し、ヘリウムガスを充てんした。気球の浮力は T 型気球で 3500g、K 型気球では 3000g とした。

4.2. 観測経過

それぞれの観測状況を表 7, 8 に示す。

ドブソン分光光度計は、3月に回転セクター用モーター・電源スイッチ間の断線、10月に同モーターの回転セクター側軸受けキャップのはずれ、11月に電源スイッチ部の断線があった。6月に2ランプ点検装置に光量変化が生じ、予備電源装置を使用した。12月に水銀ランプ波長点検による点検値の差がやや大きくなったため、天頂光点検回数を増やし、観測資料の補正量の決定のための資料を集めた。帰国後、各種の点検資料を検討したが、観測値などに補正の必要はなかった。

ゾンデの飛揚計画は、年間のオゾン量の変化を把握するために、表 8 の計画とした。しかし、例年より早い時期に空然昇温が起こったため7月以降の計画を変更し、実施した。器材は30台(定常観測分〔気象庁〕25台、研究観測分〔気水圏〕5台)を持ち込み、全数飛揚した。なお、5-8月にかけては月光によりオゾン全量を求めたため、ゾンデは夜間に飛揚した。

また、南極域のオゾンホール現象が世界的に注目され、外国基地からオゾンデータ交換の申し込みがあり、マラジョージナヤ(ソ連)、ダクシンガンゴトリ(インド)、ジョージフォ

表 7 ドブソン分光光度計によるオゾン観測状況

Table 7. Total ozone observations and vertical distribution observations from umkehr using Dobson spectrophotometer (by JARE-29).

項 目	1988											1989	計
	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	
観測日数	29	28	11	4	4	8	11	27	31	30	31	31	245
直射光観測	73	43	12	0	0	0	12	88	89	61	120	87	585
天頂光観測	79	44	2	0	0	0	2	44	86	98	118	109	582
月光観測	0	1	5	9	17	22	10	2	3	0	0	0	69
反転観測	1	1	2	0	0	0	5	8	11	5	0	5	38

表 8 オゾンゾンデ観測状況  
Table 8. Ozone sonde observations by JARE-29.

項 目	1988 2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1989 1	計
飛揚予定数	2	2	2*	1*	1*	1	2	4	5	5	3	2	30
飛揚数	2	2	2*	1*	1*	2	3	5	4	4	2	2	30
飛揚日	17日	11日	1日	27日	26日	23日	18日	9日	5日	5日	15日	6日	
到達気圧(mb)	112	7	7	21	9	8	7	6	8	12	6	8	
到達高度(km)	15	33	33	24	29	30	31	33	32	30	37	34	
全量値	296	291	264	270	326	341	255	297	261	308	311	331	
ドブソン比	—	0.79	0.98	0.92	0.98	1.01	1.06	0.91	0.90	0.90	0.94	1.06	
飛揚日	26日	24日	30日			25日	28日	14日	14日	15日	25日	19日	
到達気圧(mb)	6	8	24			9	12	7	8	9	56	14	
到達高度(km)	35	33	24			29	30	33	33	33	20	30	
全量値	292	274	334			294	403	336	323	332	326	296	
ドブソン比	0.96	1.13	1.01			0.98	0.92	0.98	1.01	0.97	1.27	0.97	
飛揚日							31日	22日	22日	23日			
到達気圧(mb)							12	—	7	6			
到達高度(km)							30	反応	34	36			
全量値							460	不良	276	327			
ドブソン比							0.94	—	0.83	0.98			
飛揚日								23日	27日	29日			
到達気圧(mb)								7	12	7			
到達高度(km)								33	31	35			
全量値								300	394	379			
ドブソン比								1.00	0.91	1.00			
飛揚日								29日					
到達気圧(mb)								8					
到達高度(km)								33					
全量値								406					
ドブソン比								1.02					

\* 4月分の内1個および5, 6月分は月光観測時

スター（東ドイツ）の3基地とオゾン全量およびオゾンゾンデデータについて毎月交換した。

#### 4.3. 観測結果

図12にオゾン全量代表値の年変化を示す。2-8月中旬までは約 250-350 m atm-cm だったオゾン全量は、8月下旬から9月上旬には、急激に増加し 460 m atm-cm を記録した。なお、同時期には 30 mb の気温として観測開始（昭和41年）以来の突然昇温を記録した。その後は、ほぼ 10-20 日の周期で起こった昇温にともないオゾン全量が増減し、11月の最終昇温後はほぼ 300-350 m atm-cm で推移した。

図13に7-11月の突然昇温時における、ゾンデ観測による気温およびオゾン分圧の鉛直分



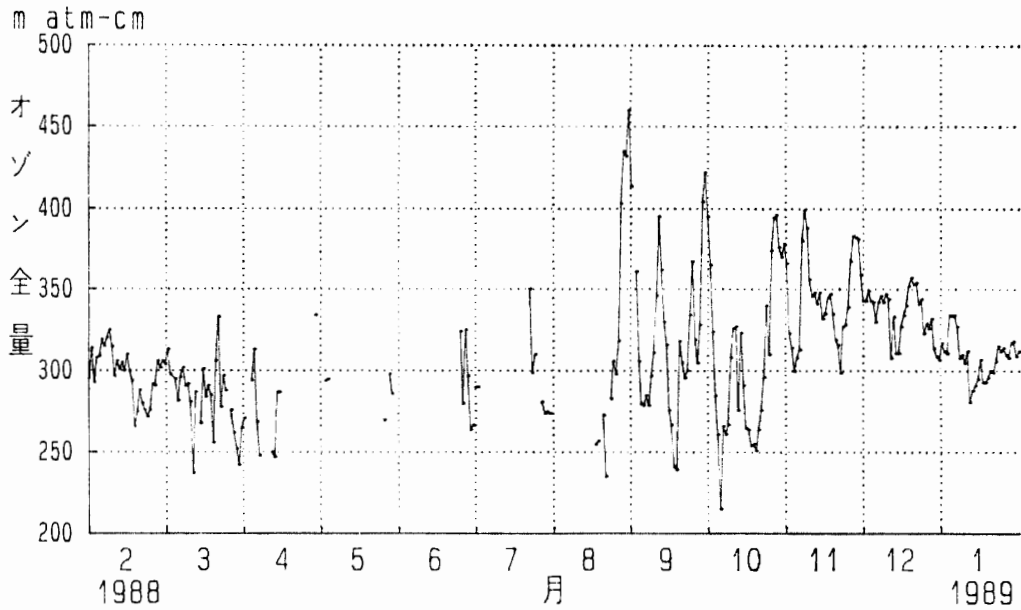


図12 オゾン全量代表値の年変化  
 Fig. 12. Annual variation of total ozone.

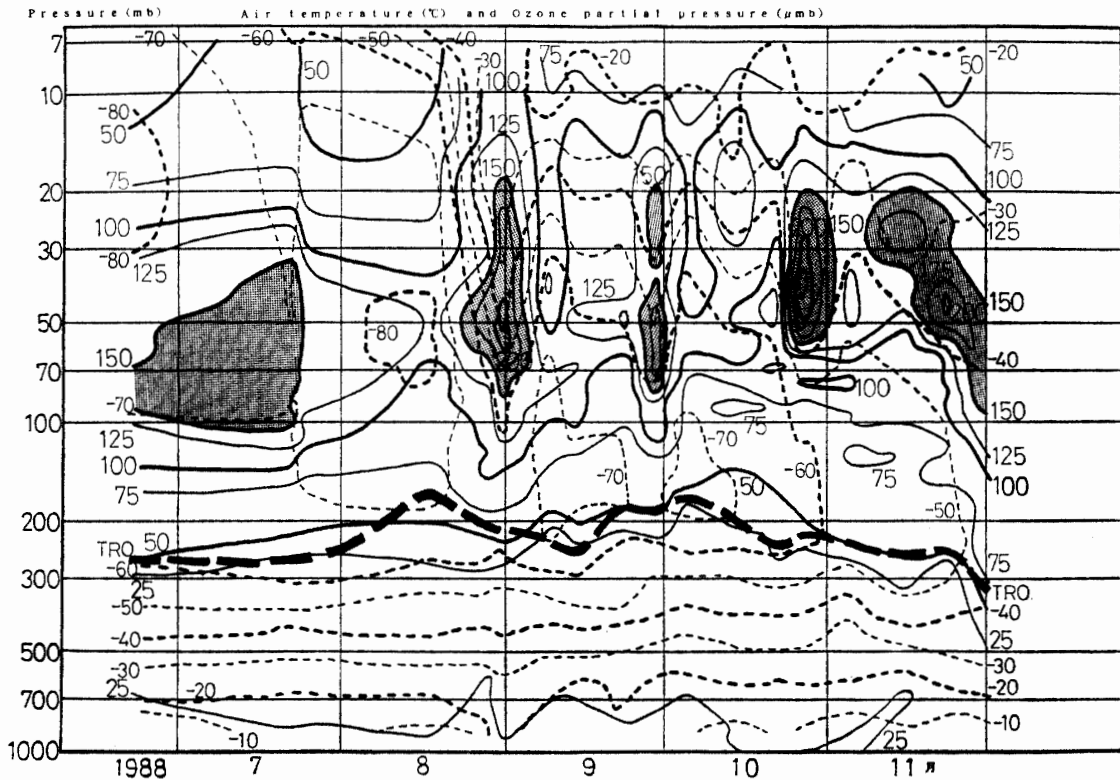


図13 オゾンゾンデによる気温とオゾン分圧の7-11月までの変化

Fig. 13. Variation of upper air temperature (dashed line, unit °C) and ozone partial pressure (solid line, unit μmb) by ozone sonde (from July to November). Bold dashed lines show the tropopause. Shaded area shows the ozone partial pressure greater than 150 μmb.

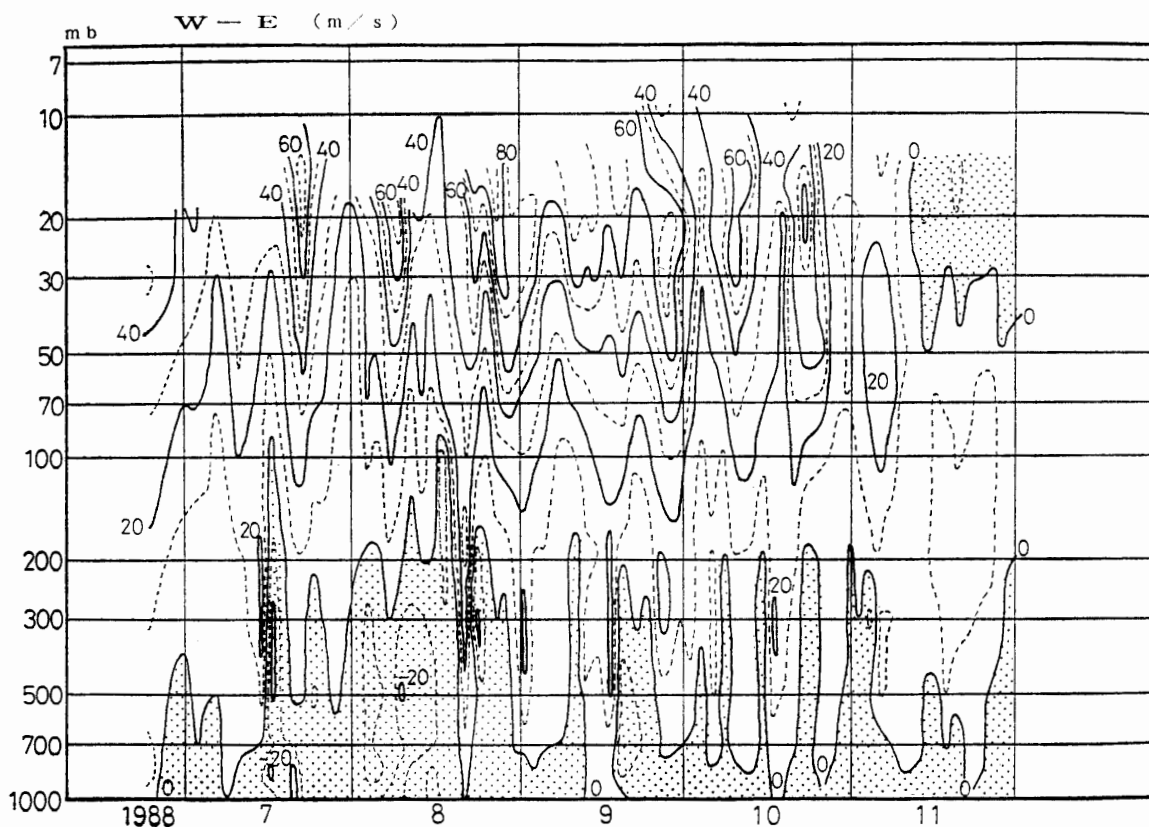


図 14 上層風東西成分の7-11月までの変化

Fig. 14. Variation of upper air wind components (east-west from July to November). Shaded area shows the east component.

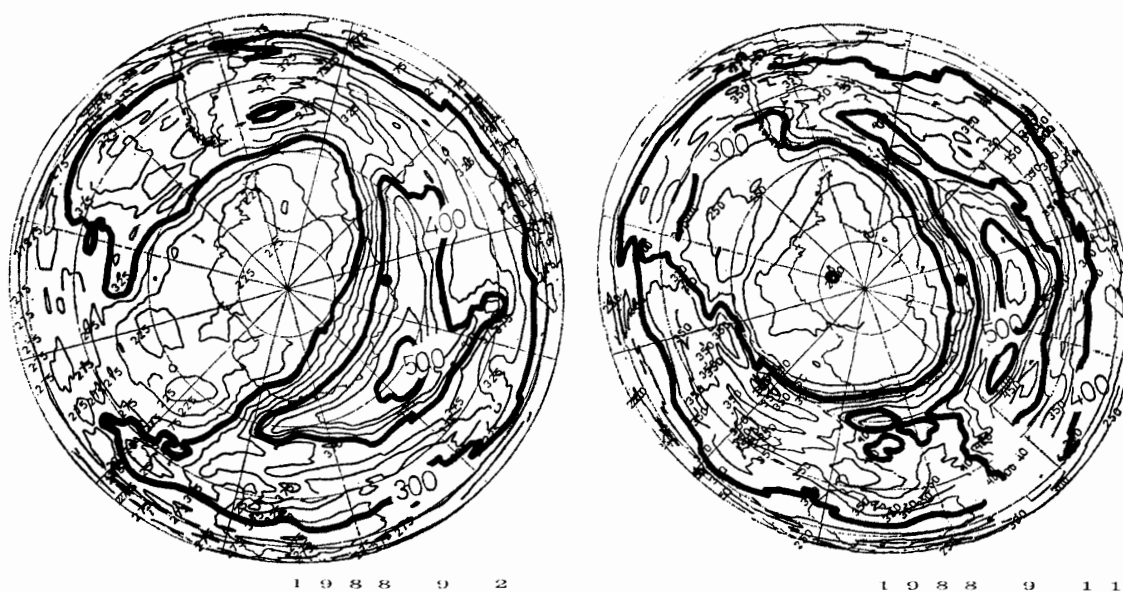


図 15 8-9月における突然昇温時のオゾン全量分布図

Fig. 15. Total ozone by satellite in the period of sudden warming (from the end of August to September). ● Syowa Station.

布の時系列変化を示した(オゾン分圧 150  $\mu\text{mb}$  以上をハッチング). 7-11月の昇温時において, 70-20 mb のオゾン分圧の増加が著しい. また, 2つのピーク型をもった鉛直分布が9月下旬から10月にかけて現われた. なお, この時の風の東西成分の変化を図 14 に示した.

成層圏の西風成分が強くなるとともにオゾン全量が増加していることが多い.

図 15, 16 に 8 月末-9 月にかけての突然昇温時の衛星観測によるオゾン全量分布 (NOAA

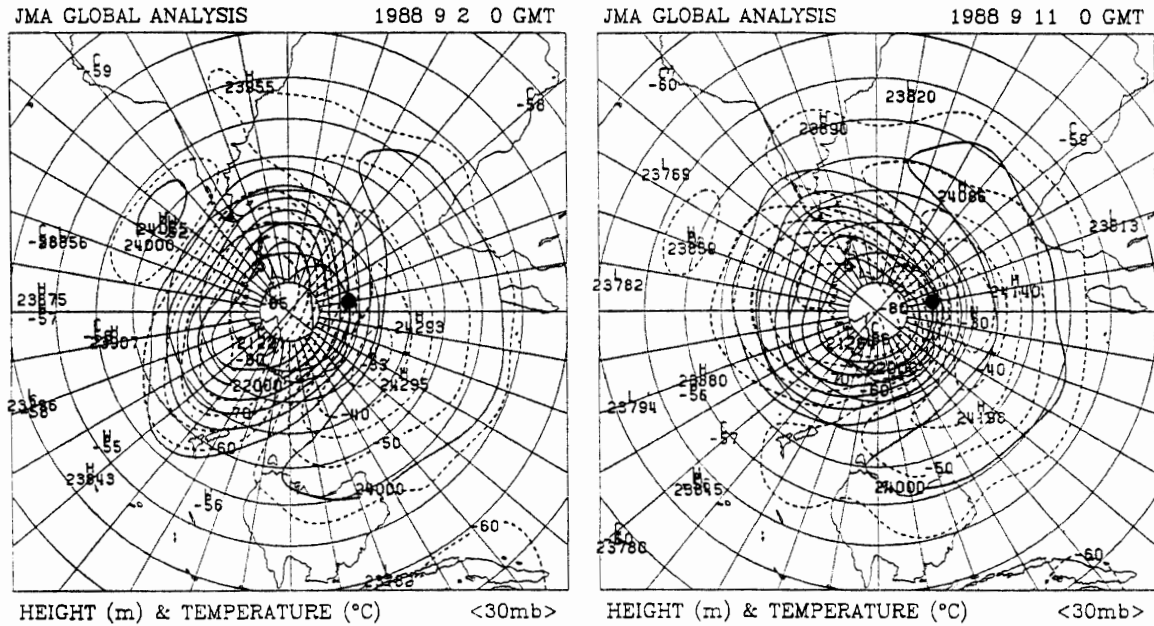


図 16 8-9月における突然昇温時の成層圏天気図 (30 mb, ●: 昭和基地)

Fig. 16. Southern hemisphere stratospheric analysis (30 mb) in the period of sudden warming (from the end of August to September). ●: Syowa Station.

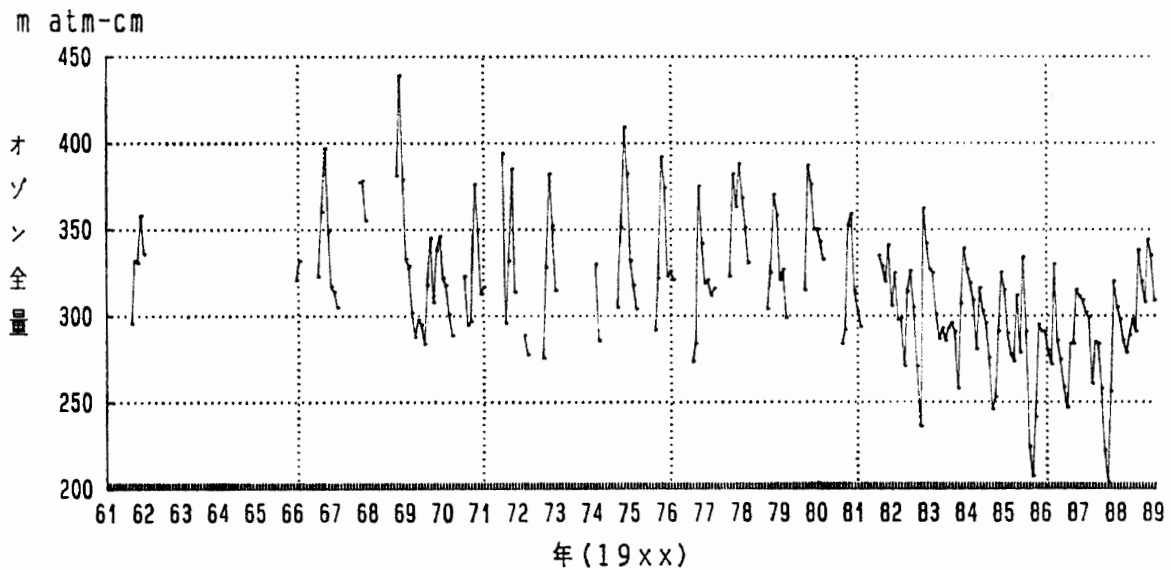


図 17 オゾン全量月平均値の経年変化

Fig. 17. Year-to-year changes of total ozone (monthly average).

から FAX により得られた図のコピー) とそのときの 30 mb 天気図を示す. 30 mb では極渦が西経域に偏っており, 東経域の高度場は高くなっている. 昭和基地はこの極渦の外側に近いところに位置したことになる. 極渦の外側の高い高度場域および高温域でオゾン全量が多くなっている.

図 17 に 1961 年 2 月-1989 年 1 月までのオゾン全量月平均値の変化を示した. 1982 年以降には年間のオゾン全量月平均値の最低値は約 250 m atm-cm であったが, 1988 年は 279 m atm-cm であった.

## 5. 日射観測

### 5.1. 観測方法と測器

#### (1) 直達日射観測

直達日射量の観測は直達日射計を使って行った. 観測は瞬間値のみとし, 地上気象観測法(気象庁)に準じて行った. 観測時刻はオゾン観測に合わせて行った. データ収録はアナログ記録器とデジタルプリンター(積算値)で行い, 観測時刻の値をアナログ記録から読み取ってパソコンでデータ処理を行った.

#### (2) 大気混濁度観測

大気混濁度の観測はサンフォトメータを使って行った. 観測時刻はオゾン観測と同じとし, 機器定数( $J_0$ )は変動の少ない日のデータだけを取り出して決定し1年間平均したものを用いた. データ処理はパソコンにより行った.

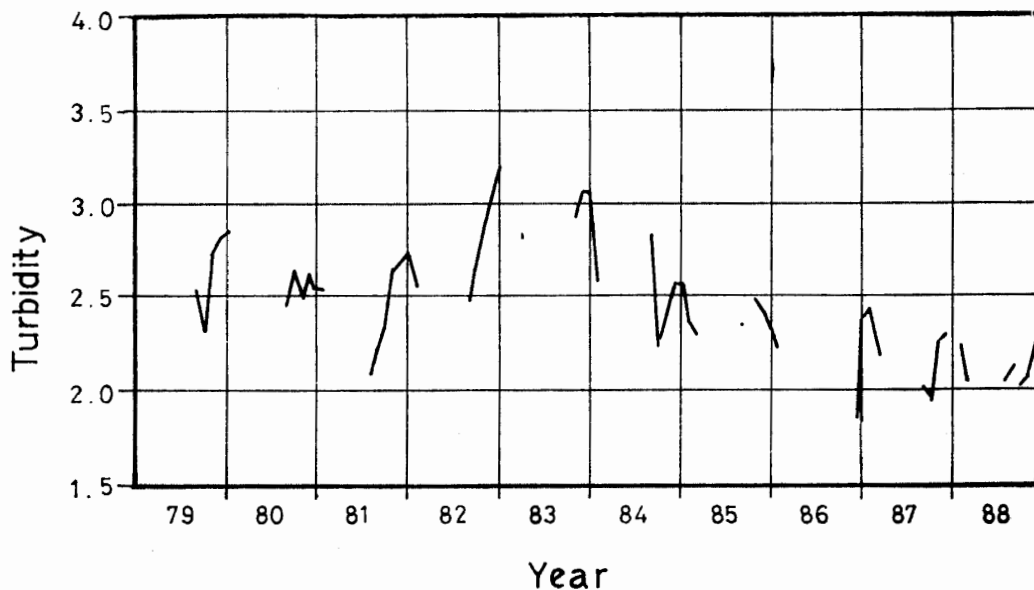


図 18 直達日射計による大気混濁度の観測結果 (1979-1988年)

Fig. 18. Turbidity by pyrheliometer from 1979 to 1988.

## 5.2. 経 過

太陽高度の低い、あるいは太陽が現れなくなる極夜の5月から7月は観測休止とした。越冬前半は前次隊のものを使用した。後半は今回持ち込んだサンフォトメータを使用した。

## 5.3. 結 果

### (a) 直達日射計による大気混濁度

図18に1979-1988年における月平均大気混濁度を示す。

### (b) サンフォトメータによる大気混濁度

図19に1985年1月-1988年12月の500nmにおける毎日の混濁度を示す。

MATSUBARA and KAWAGUCHI (1983)によると1980年1月-1981年1月の混濁度は $0.023 \pm 0.010$ である。これらのデータから、エルチチョンの噴火(1982年)の影響によるものと思われる状態は1986年まで続き、1988年にはやや混濁度が大きくなっている。

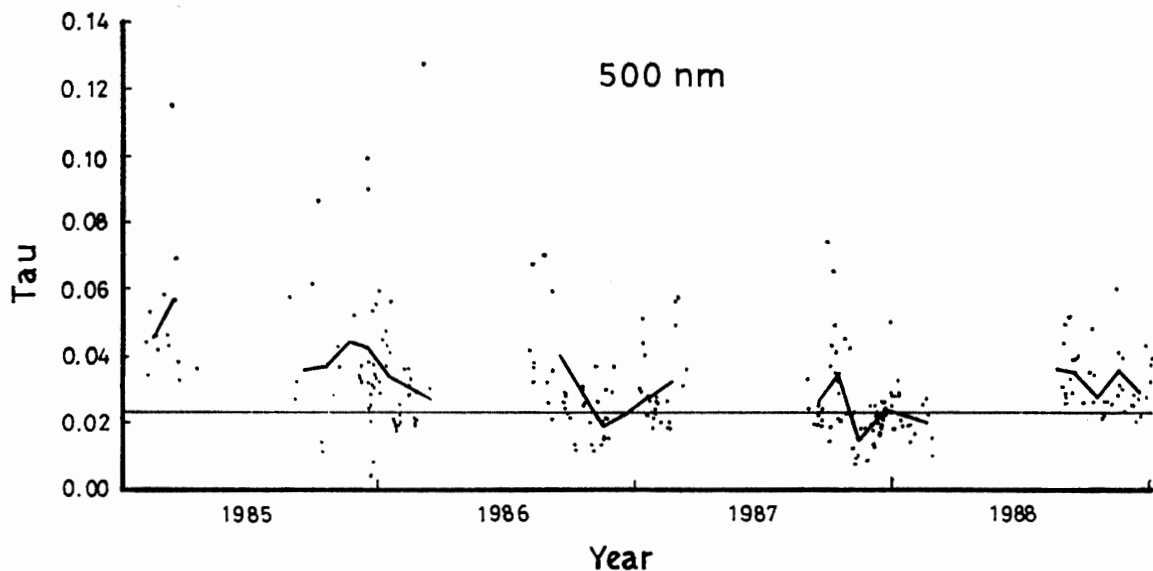


図19 サンフォトメータによる大気混濁度(500nm)の観測結果(1985年1月-1988年12月)

Fig. 19. Turbidity (500 nm) by sunphotometer from January 1985 to December 1988.

## 6. 天 気 解 析

### 6.1. 解析に使用した資料

天気解析のため昭和基地における地上および高層観測資料のほかに、次の資料を利用した。

#### (1) FAX 天気図

マラジョージナヤ基地放送の00 UTの500 mb等圧面天気図、00 UTの地上天気図、キャンベラ放送の00, 12 UTの500, 250 mb等圧面天気図、地上天気図および36, 48時間予想天気図。

## (2) 東南極大陸各地の観測資料

モーンソン基地経由で入電した、サナエ、ノボラザレフスカヤ、マラジョージナヤ各基地の 00, 06, 12, 18 UT の地上観測資料, 00, 12 UT の高層観測資料, 00, 12 UT の地上および 500 mb 解析資料, あすか観測拠点の 00, 06, 12, 18 UT の地上観測資料.

## (3) 気象衛星雲写真

気象衛星 NOAA-9, 10, 11 の可視または赤外の雲写真.

## (4) ロボット気象計

S16 のロボット気象計による気温, 風向・風速の実況資料.

## 6.2. 経 過

定常気象観測に求められている役割としては, まず日々のデータを迅速に通報する通報観測と地球規模の気候変動を監視するための気候観測を行うことの2つである.

一方, 基地活動支援のためにはブリザード等の悪天候が予想される場合の情報, 内陸や大陸沿岸の旅行および航空機の運行時に必要な情報の提供が必要であり, 天気解析は的確な情報を提供するために日々行わなくてはならない.

天気解析に必要な資料としては, 広い範囲の情報が迅速かつ常時安定して入手できることが不可欠である. 南極域には観測点が少ないため, 極軌道衛星による雲画像が威力を発揮する. 第29次観測隊では国内で修理を行った衛星受画装置を持ち込み使用した. 衛星受信装置は, 第21次観測隊において設置した物で, 設置後10年近く経過するため, 老朽化が目立った. 昭和基地周辺の気象状況を把握するためには, 必要不可欠な物であるため早期の更新が望まれる. また4月からは, 今まで国内からFAXにより得ていた衛星の軌道情報を, 通信による気象情報交換時にモーンソン基地経由で得られるようになった.

天気の推移を把握するために, 昭和基地や周辺基地から送られてくる地上・高層気象観測資料のシーケンスを前次隊と同様に作成した.

FAX 天気図は, 低気圧の移動, 発達・衰弱等を把握する上で必要だが毎次隊の報告にあるように電波の伝搬状況に左右されるため, 受信できない日が多かった.

## 6.3. ブリザード襲来回数の減少について

図20は, 観測開始以来の年間ブリザード回数を示す. 1988年のブリザード回数は観測開始以来の最低を記録した. 図21は各月のブリザード回数を過去10年間の値と比較したものである. 過去10年間ではブリザード回数は4, 7, 9, 10月に比較的大きなピークを持った形で推移するが, 1988年は最初のブリザードが, 4月29日と例年より1-2カ月遅れとなり, 6-8月に10年平均値並みかやや少ない回数を記録したものの, 9月以降は1回も襲来せず結果として年を通じて少ない回数となった.

ブリザード回数が少なかった原因は, 図1の旬別海面気圧の推移をみてもわかるように海面気圧が年を通じて7月中旬~8月上旬に低いことを除けば, 年を通じて平年並みか高く,

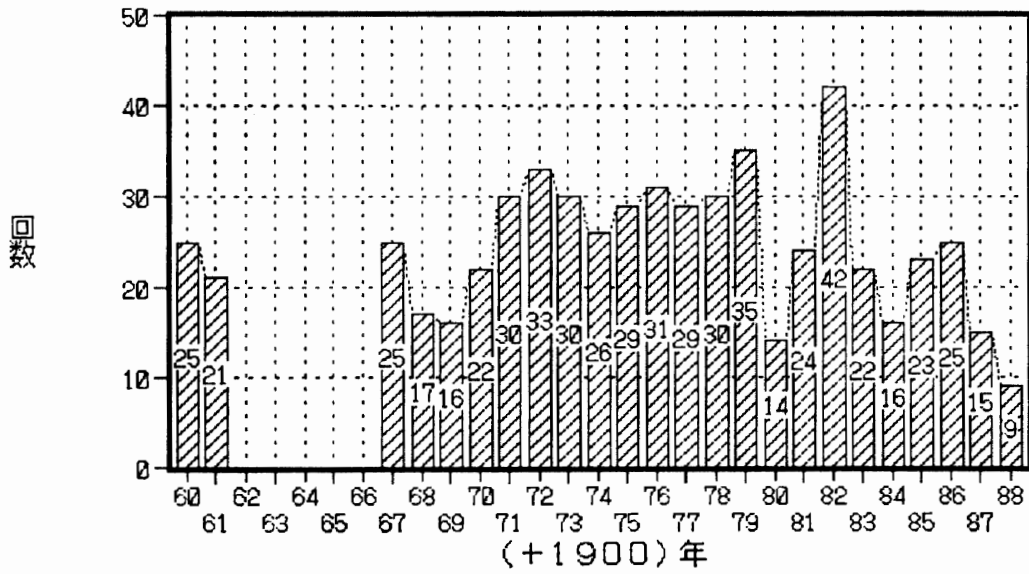


図 20 プリザード回数の経年変化

Fig. 20. Year-to-year changes of heavy snow storms (blizzard).

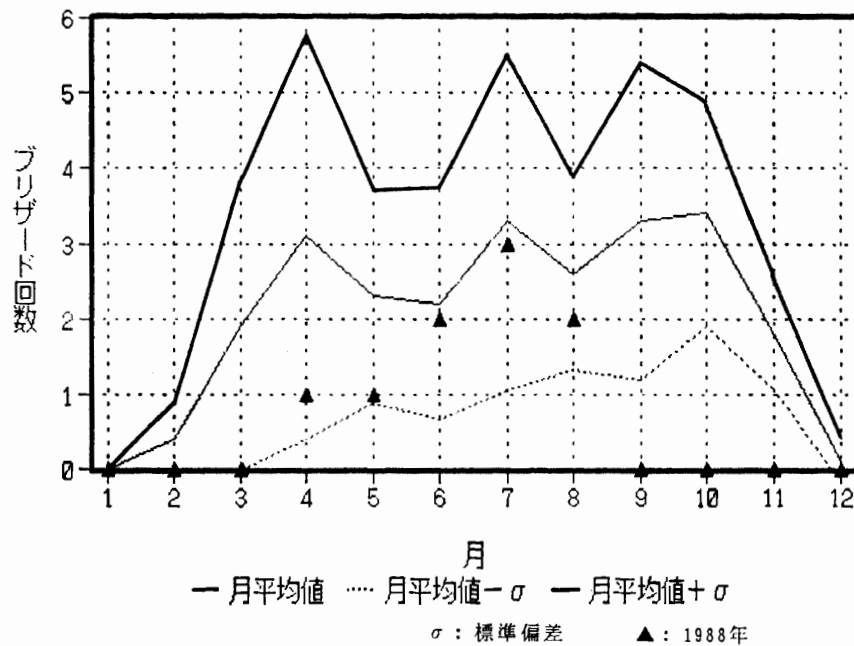


図 21 各月のブリザード回数

Fig. 21. The number of monthly heavy snow storms (blizzard). Solid line: monthly average. Dotted line: monthly average - standard deviation. Bold line: monthly average + standard deviation, ▲: 1988.

特に3月下旬~4月中旬, 5月下旬~6月下旬, 9月中旬~10月下旬が高く, 例年ブリザード回数が多い時期に低気圧が昭和基地に接近する頻度が低かったことによるものと推定される。南半球月平均天気図によれば, 気圧(海面)が高かった時期には 0-45°E 付近の高緯度で高気圧偏差が年を通じて強まっていた(気象庁, 1988)。

なお、ブリザード回数の少なさを反映し、海氷上での積雪も過去最低を記録した。

#### 6.4. 突然昇温について

これまで南半球で観測された成層圏突然昇温現象は、晩冬から春(10-11月)にかけて起こるいわゆる最終昇温がほとんどであった。しかし、第29次観測隊が観測した突然昇温現象は、8月末に今までよりも早く起こった。しかも、昇温の大きさは、昭和基地で  $59.3^{\circ}\text{C}/10$  days (8月22日-9月1日)、昇温率の最高は  $21.7^{\circ}\text{C}/\text{day}$  (8月27日-28日)と、1963年の北半球突然昇温よりも大きな値を示した。突然昇温が強く現れた30mb気温の年変化を図22に示す。7月下旬の昇温に引き続き、8月上旬に小さな昇温が観測された後、8月22日に  $-83.3^{\circ}\text{C}$  まで気温が下がり、その後一転して昇温を続けた。

30mb 高層天気図(気象庁予報部数値予報課作成、図23a-f)によると8月22日から始まった昇温は、8月27日に昭和基地の北(中心は  $53^{\circ}\text{S}$ ,  $40^{\circ}\text{E}$ )に  $-40^{\circ}\text{C}$  以上の高温域が発生し、昭和基地で最高気温を観測した9月1日(図23a)まで停滞し、その後東へ移動した。その高温域が去った後、9月7日から始まった次の昇温は昭和基地の北西(中心は  $53^{\circ}\text{S}$ ,  $12^{\circ}\text{E}$ )に高温域が発生して東へ広がり、昭和基地で最高気温を観測した9月12日(図23b)頃に高温域の中心(最も気温が高い域)が基地の北を通過した。次の昇温は、9月22日頃昭和基地の東( $60^{\circ}\text{S}$ ,  $95^{\circ}\text{E}$ )に高温域が発生して西へ広がり、いったん昭和基地付近の高温域が消滅した後、再び高温域が西へ広がり、9月30日(図23c)には昭和基地は12時間で  $21.3^{\circ}\text{C}$  の昇温を観測した。その次の高温域は10月7日に昭和基地の東( $60^{\circ}\text{S}$ ,  $70^{\circ}\text{E}$ )に発生し、いっ



図 22 30mb 気温の推移

Fig. 22. Annual changes of 30 mb air temperature.



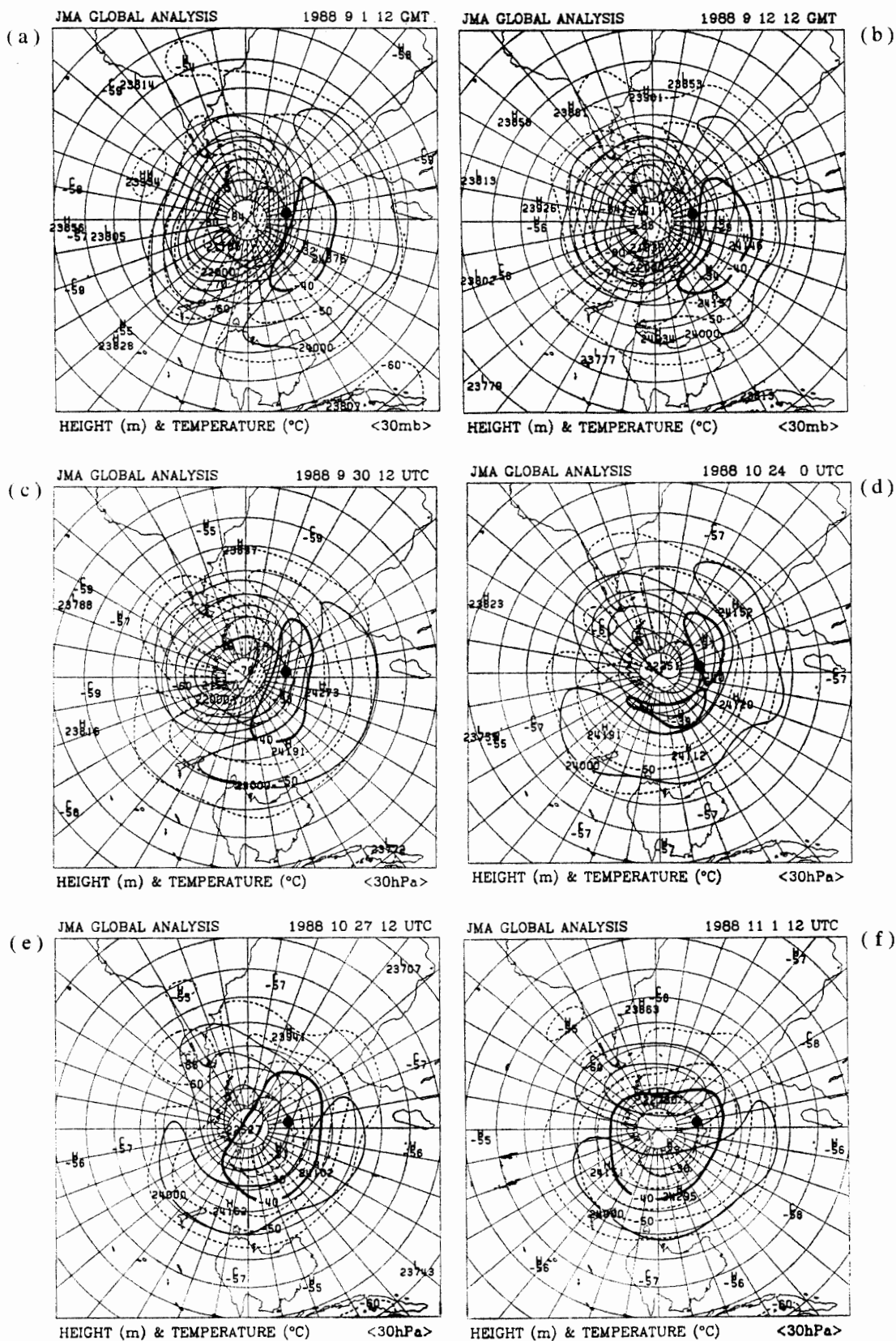


図 23 30 mb 高層天気図 (太線:  $-40^{\circ}\text{C}$ , ●: 昭和基地)

Fig. 23. Weather maps of 30 mb (bold line shows  $-40^{\circ}\text{C}$ , ●: Syowa Station).

たん 150°W 付近まで東へ広がり次第に高温域の範囲が狭くなった。この高温域とは別に、10月24日(図 23d)に 63°S, 10°E 付近に発生した高温域が急激に勢力を強め、10月26日には昭和基地上空に高温域の中心が現れた。これまでは高温域の中心は海上にあり、大陸上に発生したのは初めてである。その後、この高温域は10月27日(図 23e)には南極大陸の東半分を覆うようになり、11月1日(図 23f)には大陸全域を覆った。その後も昭和基地付近に高温域が現れることが多かった。

突然昇温期間には 30 mb の風速は強くなる傾向があり、8月28日には 90 m/s を観測し、9月3日まで 70 m/s 以上の風速が続いた。その後の昇温時のピーク(9月12日, 9月30日)前後も風速が強まり 60 m/s を超える風速を観測した。

高温域に対して、西半球の 70°S, 100°W 付近にあった低温域は、8月中は -90°C 以下、9月になると -80°C 台でその中心は次第に北上した。そして9月30日には -70°C 台になり、10月5日には -60°C 台まで急上昇した。

高温域の発生する場所はそれぞれ異なっていたが、昭和基地付近の上空に発生するという共通点があった。また、高温域は西半球には移動したものの、西半球での高温域の発生はなかった。また、1980年代に入って減少する傾向にあった突然昇温の回数は、表9に示すとおり1988年は8回と、過去最高の1974年の5回よりも多く、しかも大きく昇温したことが多かった。

スペクトル解析(ブラックマン・ターキー法)の結果を図24, 25に示す。ただし、トレンド除去のため、10日の移動平均値をゼロ点とした。突然昇温が起こらなかった1987年(第28次観測隊)と今回の1988年(第29次観測隊)の30 mb 気温の解析結果からは1988年の方が振幅が大きく、ピークがはっきりしている。15日のところの大きなピークは突然昇温が大きく寄与しており、突然昇温期を除いて解析したところ、1987年と同様に少し短い13.3日の周期があった。エネルギー値(振幅)は約3倍の差があった。1988年の30, 100, 500 mb の解析からは30 mb にはっきりとしたピークが現れ、100, 500 mb についてはわずかに100 mb で10日程度の小さなピークが見られるだけである。東西、南北風については、東西風に13.3

表9 突然昇温一覧  
Table 9. Sudden warming in JARE-29.

	Start	Peak	昇温 (°C)	昇温率
1	7月18日	7月23日	-86.3 → -66.7	3.9
2	8月5日	8月10日	-86.2 → -65.6	4.6A
3	8月22日	9月1日	-83.3 → -24.0	5.6A
4	9月6日	9月12日	-70.3 → -38.3	5.8A
5	9月19日	9月30日	-72.7 → -21.8	4.4A
6	10月10日	10月12日	-54.2 → -37.2	8.5B
7	10月20日	10月26日	-49.7 → -15.3	6.3A
8	11月7日	11月13日	-48.0 → -22.6	4.6LB

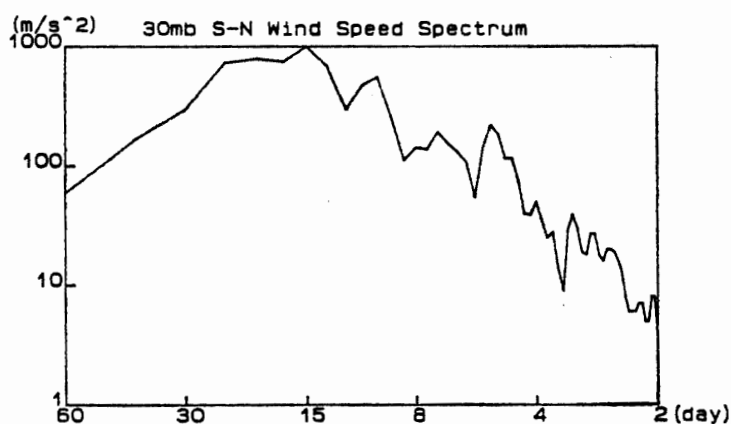
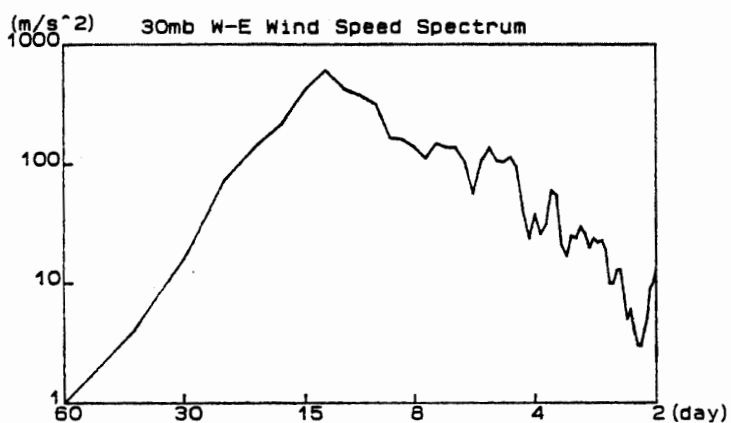


図 24 30mb 風速のスペクトル (W-E, S-N)

Fig. 24. Velocity spectrum of 30 mb wind components (east-west, north-south).

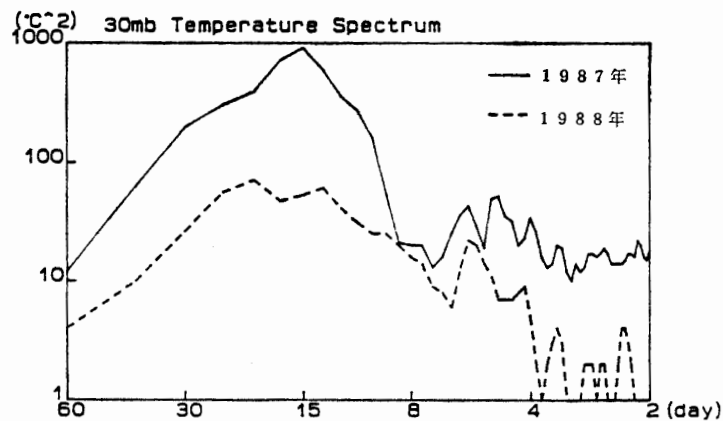
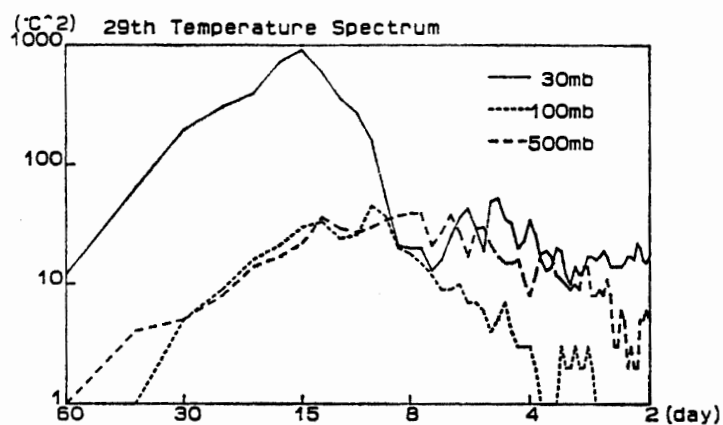


図 25 上層の気温のスペクトルと 30mb 気温のスペクトル (28次と29次)

Fig. 25. Comparison of upper air temperature spectra between JARE-28 (1987) and JARE-29 (1988).

日のピークが見られるが、南北風については15日付近に滑らかなピークがあるもののはっきりとした周期は見られない。

## 7. 特殊ゾンデ観測

### 7.1. 観測方法と測器

観測は気象庁特殊ゾンデ観測実施要領に準拠して、RS II-R78D型輻射ゾンデを使用し、上向きおよび下向きの長波の輻射量、気温、風向・風速の鉛直分布を測定した。地上設備は、高層気象観測設備と同じである。

データ処理は AMOS 高層系により自動的に行われ、観測結果の計算処理、作表等を行った。気球は 600 g, 1000 g を使用し、ヘリウムガスを充てんした。浮力は 2500 g (600 g 気球) および 2800 g (1000 g 気球) とした。

### 7.2. 観測経過

観測状況は表 10 のとおりで、6-10月の夜間、晴れた日を主に飛揚した。7月は天候不順により後にずれ込んだ。

器材は 10 台を持ち込み、全数飛揚した。

表 10 輻射ゾンデ観測状況  
Table 10. Radiation sonde observations by JARE-29.

月	飛揚 予定数	飛揚数	飛揚日時 (UT)		最終到達気圧 (mb)	SYNOP NN <sub>h</sub> C <sub>L</sub> hC <sub>M</sub> C <sub>H</sub> WW	下層 雲量	中層 雲量	上層 雲量
4	1	1	13	1857	24.8	20090102	0	0	2
5	2	2	12	1816	16.0	00090002	0	0	0
			21	1750	15.6	10090002	0	0	1
6	2	2	7	1820	73.9	20090102	0	0	2
			24	1448	14.5	70090802	0	0	7
7	2	1	10	1437	15.9	00090002	0	0	0
8	2	2	1	1546	14.8	00090002	0	0	0
			3	1621	20.0	760×2102	0	6	7
9	1	2	4	1814	20.0	110×7002	0	1	0
			14	1744	16.7	00090002	0	0	0

### 7.3. 観測結果

観測結果を図 26 に示した。図 27 には 1967 年から 1988 年までの全雲量 2/8 以下の場合における 500 mb と 100 mb の上向き放射量と下向き放射量の差である収支を示した。この収支を見ると、100 mb では 1970 年以前の収支に対して 1971 年以降の収支は小さくなっている。しかし、1970 年以前の収支については観測時刻に問題が残るためさらに吟味が必要である。1970 年以前の収支を除けば、500, 100 mb とともにほとんど変化していない。

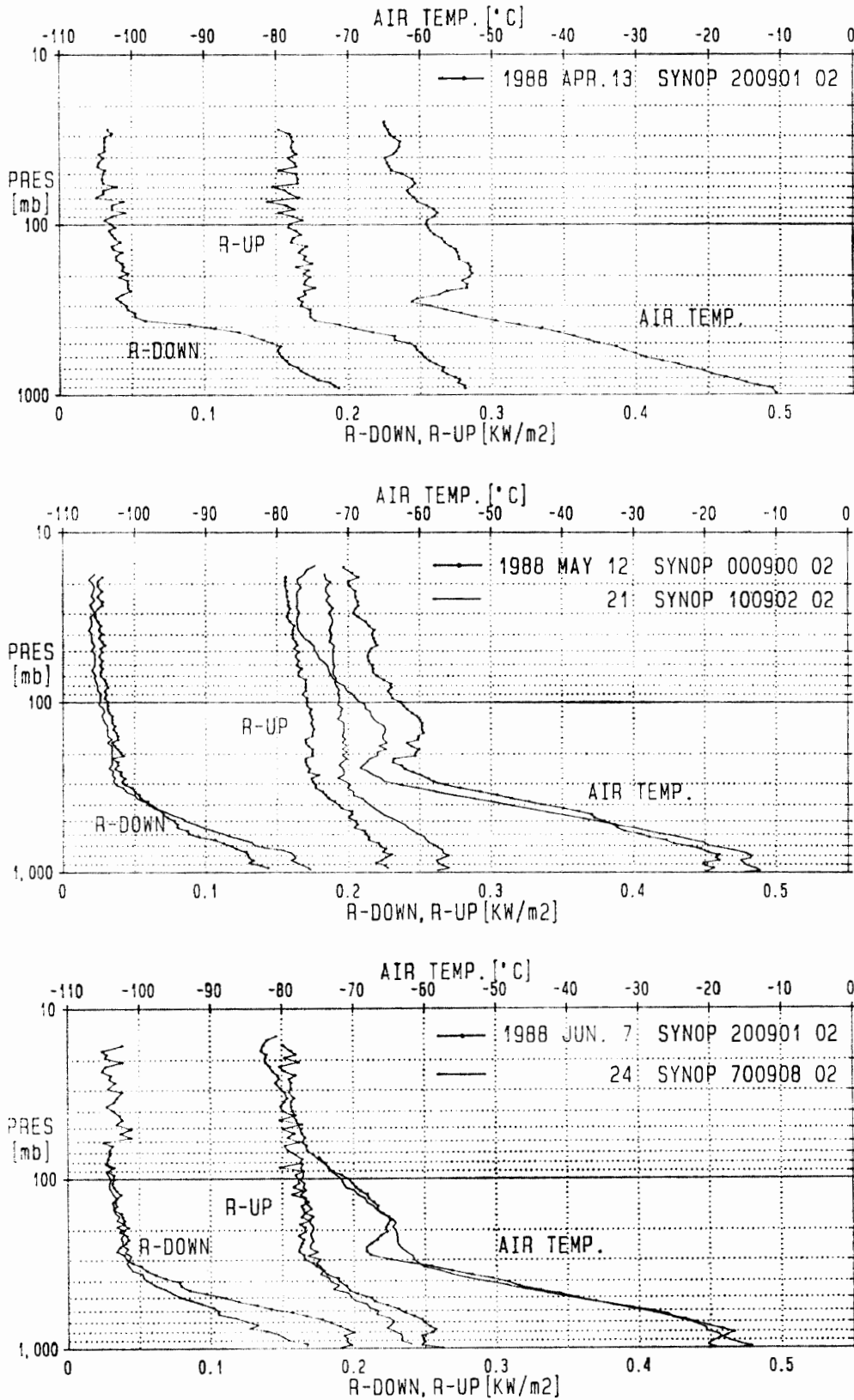


図 26 輻射ゾンデ観測結果

Fig. 26. Long wave radiation sonde results.

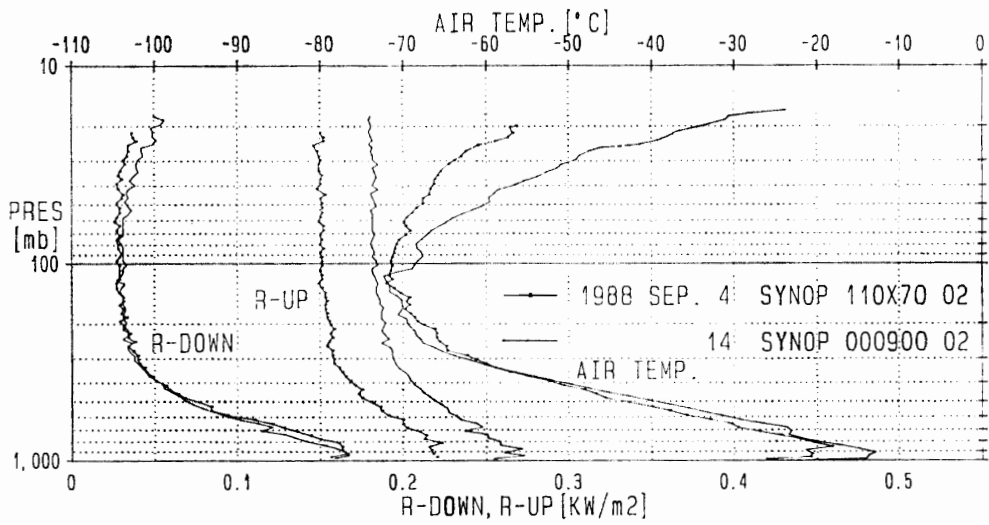
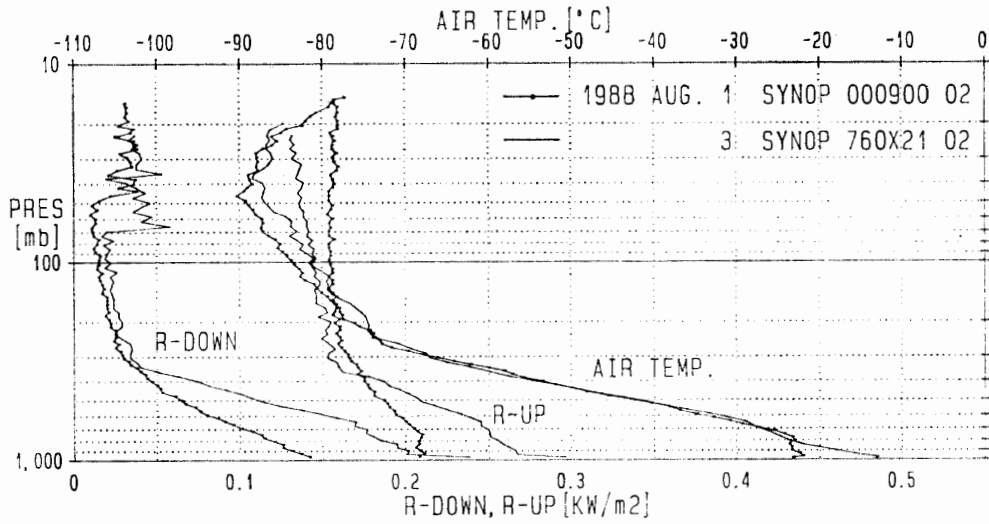
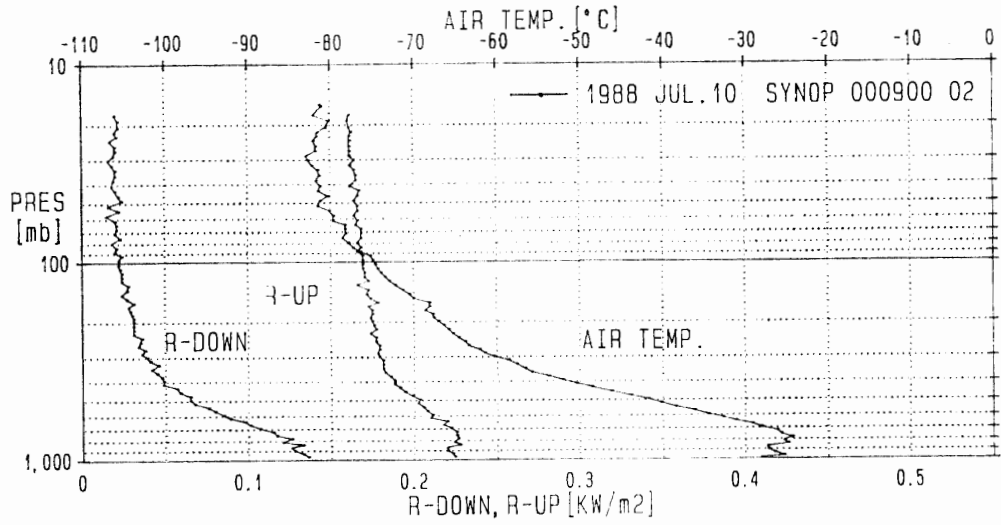


図 26 つづき

Fig. 26. (Continued)

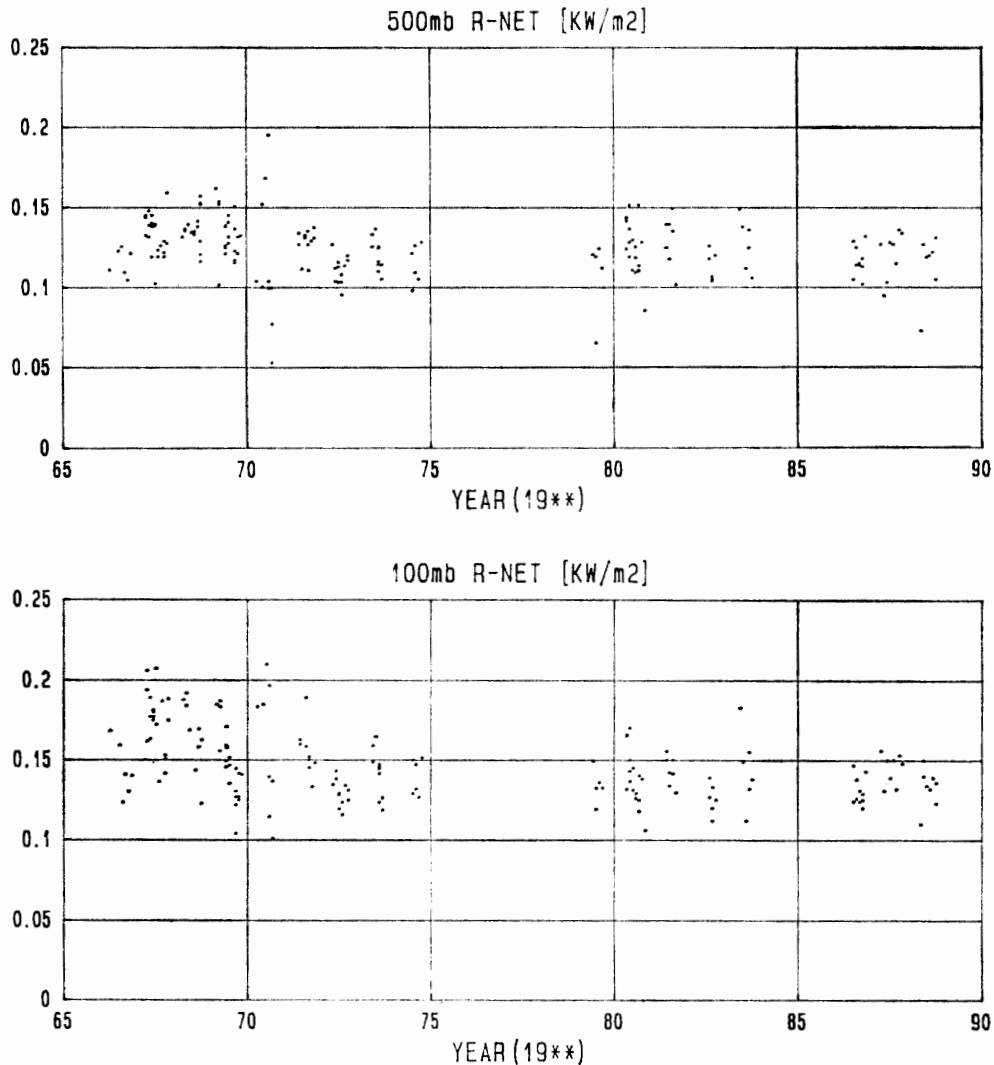


図 27 長波放射量 (500, 100 mb) の経年変化  
 Fig. 27. Year-to-year changes of long wave radiation (500, 100 mb).

## 8. その他の観測

### 8.1. 砕氷船「しらせ」船上での観測

第 29 次観測隊では、気水圏部門と協力して「しらせ」船上において、大気オゾンや物質の南北輸送の実態を把握するための基礎資料を得るために、オゾンや大気混濁度の観測を行った。以下にその概要を示す。なお、得られた結果は昭和基地での定常観測によって得られた資料と共に Antarctic Meteorological Data Vol. 29 (JAPAN METEOROLOGICAL AGENCY, 1990) に掲載されている。また、オゾン観測の詳細な解析結果は現在投稿中である (MATSUBARA *et al.*, 1990)。

#### (1) オゾン全量観測

観測に使用した測器は、カナダ SCI-TEC 社のブリューワーオゾン分光光度計 #034 であ

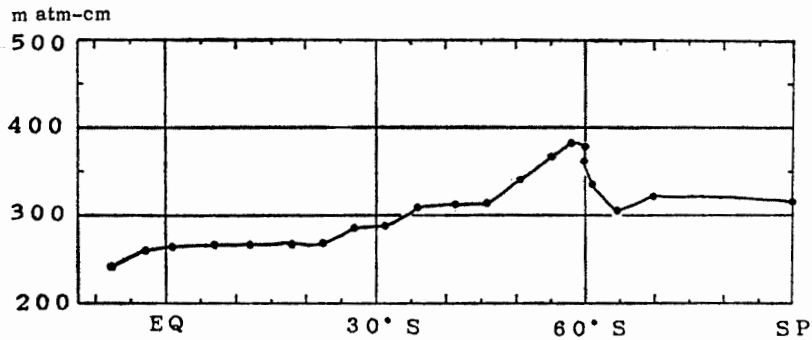


図 28 オゾン全量観測結果. 70°S と 90°S の値は, 12月16日の昭和基地 (JAPAN METEOROLOGICAL AGENCY, 1989) および極点 (KOMHYR et al., 1988) の観測値

Fig. 28. Latitudinal variation of total column ozone from equatorial region to Antarctic region. The data at latitude of 70°S and 90°S were taken from observation results on December 12 at Syowa Station (JAPAN METEOROLOGICAL AGENCY, 1989) and South Pole (KOMHYR et al., 1988), respectively.

る. 船上での観測は, 船の動揺や波しぶきを受けるため全天候でかつ取扱いが容易であるものが望ましい. 本器の日本での使用は南極観測隊が初めてであり, 船上観測のために若干の改良を加えた.

観測は, 甲板上に感部を設置し手動により方位・高度を調整し, 動揺が少なく太陽が出ているときには直射光観測を行い, それ以外のときには天頂光観測によって毎日データの取得を行い, 25°N からブライド湾までのデータを取得した. また, 本器の精度確認は出港前に気象庁高層気象台の準器 Beck 116 と, また昭和基地においては Beck 119 と比較を行った. 観測結果を図 28 に示す.

## (2) オゾンゾンデ観測

オゾンゾンデ観測は, 気象庁がルーチンで使用している RS II-KC79 型オゾンゾンデを使用した. 観測施設は「しらせ」の高層観測施設に若干の校正装置を付加し, アナログ記録によりデータを取得した. オゾンゾンデ飛揚に際しては, 重量 2000 g のやや大型の気球を使用した. このような大きい気球を「しらせ」船上から放球した例がなく, 放球時の船の運行, 施設の使用について配慮頂いた. オゾンゾンデは11月19日より 20 個飛揚を行い, そのうち 18個についてデータの取得に成功し, ほぼ緯度 5 度ごとのデータ取得ができた. ゾンデ放球は, 平均風速が 14.9 m/s のもとでも支障なく行うことができた. 図 29 に観測結果を示す.

## (3) 大気混濁度観測

観測は英弘精機製のサンフォトメータ (EKO MS-110) を使用し, 太陽面に雲のない日に手動で太陽を追跡して太陽からの光の強弱から大気混濁度を測定した. 観測に用いた波長は 368, 500, 675, 778, 862 nm の 5 波長である. 測器および観測方法は第 21 次観測隊が 1979 年に「ふじ」船上で行った観測と同じである. 図 30 に波長 500 nm における今回の観測結果



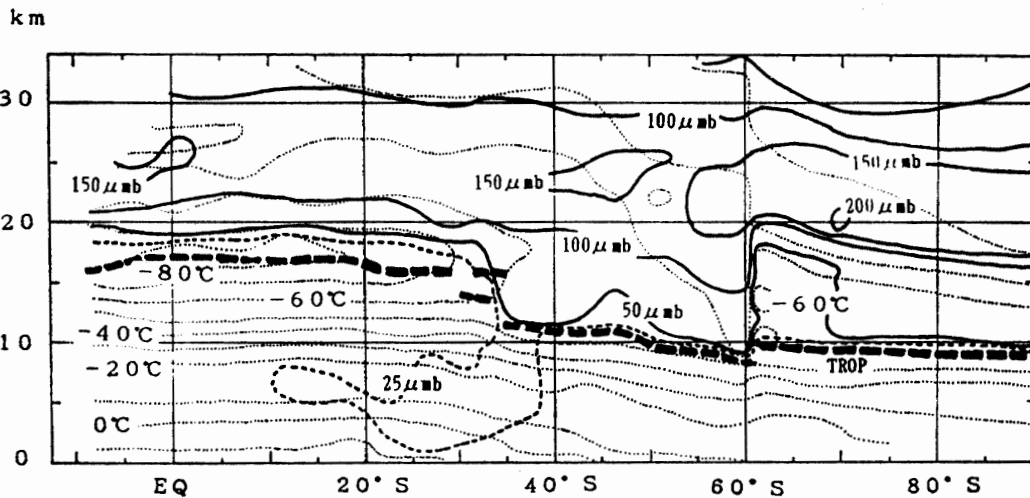


図 29 オゾン分圧の鉛直分布と気温の緯度変化 (実線はオゾン分圧, 点線は気温, 70°S と 90°S の値は12月16日の昭和基地および極点の観測値)

Fig. 29. Latitude-height cross section of ozone partial pressure (solid line, unit  $\mu\text{mb}$ ) and air temperature (dotted line, unit  $^{\circ}\text{C}$ ). Bold dashed line shows the tropopause. (The data at latitude of  $70^{\circ}\text{S}$  and  $90^{\circ}\text{S}$  were same as Fig. 28).

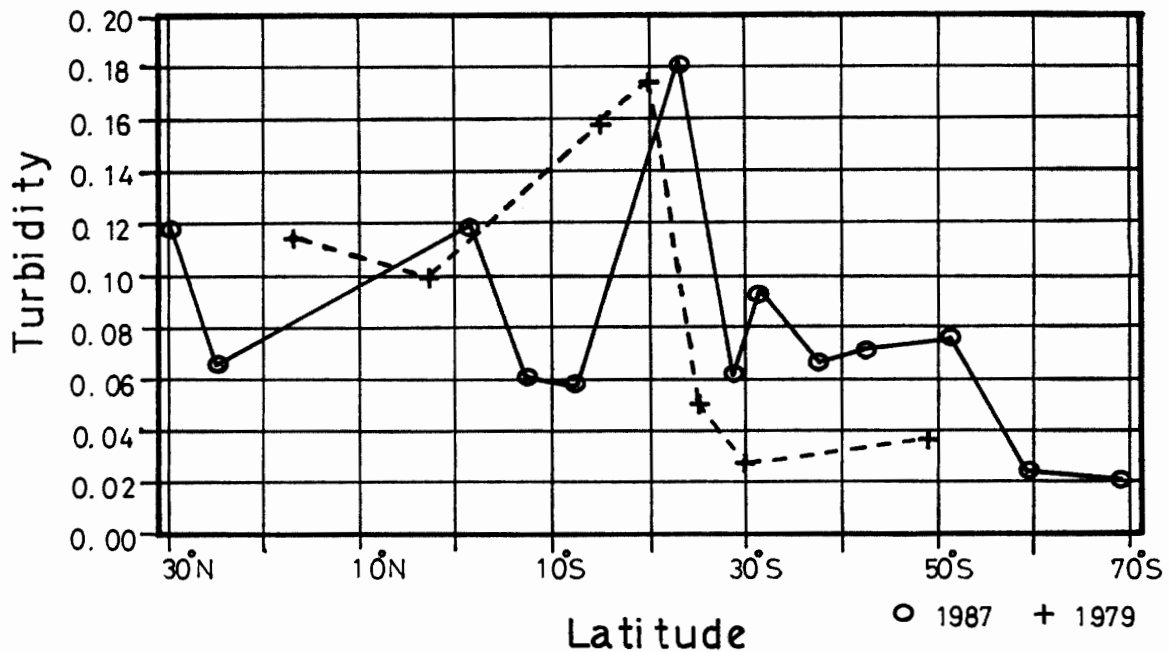


図 30 サンフォトメータによる波長 500 nm における大気混濁度観測結果

Fig. 30. Observation results of turbidity measurement (wavelength: 500 nm) by sunphotometer.

(1987年) と第 21 次観測隊の観測結果 (MATSUBARA *et al.*, 1983) を示す。

(4) 直達日射観測

観測は英弘精機製の直達日射計感部 (EKO MS-52 No. P87001) を使用し, 出力を自記記録計に記録した。太陽の追跡はサンフォトメータと同じく手動で追跡した。観測は11月26日, 12月4, 5日の3日のみであったため, 緯度分布を記述するような結果は得られなかった。

## 8.2. 海氷上の積雪観測

### 8.2.1. 観測方法と測器

積雪観測は、天測点から真方位 53°, 距離 420 m の海氷上の地点を中心とした 1 辺 30 m 四方の正方形内に設置した 9 本の竹ざおにより、月数回行った。

### 8.2.2. 観測経過

海氷状態が安定した 4 月 18 日に竹ざおを設置し、海氷状態が悪くなり竹ざおが傾斜し始めた 12 月上旬まで観測を行った。

### 8.2.3. 観測結果

図 31 に 1969-1988 年の 7 月から 12 月に限った最大積雪深を示す。観測が行われなかった 1971, 1976, 1977 年を除くと、1988 年は特に積雪が少なく、1969 年以降において最低となった (2 cm)。これは、ブリザードの襲来が少なかったことによる。

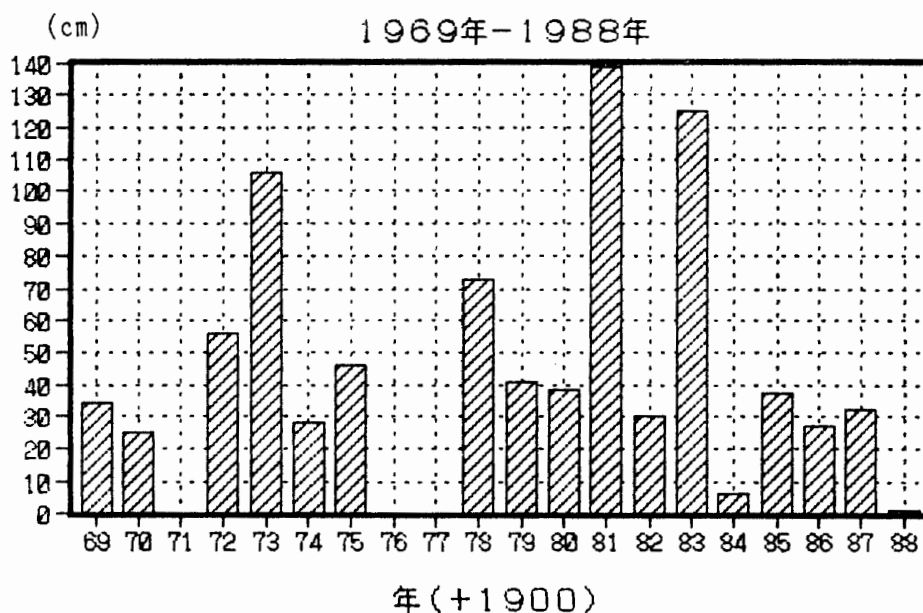


図 31 海氷上の最大積雪深の経年変化 (7-12月)

Fig. 31. Year-to-year changes of maximum snow depth (from July to December)

## 8.3. 「ラングホブデ」での微気象観測支援中に得られた結果

### 8.3.1. 観測方法と測器

1988 年 2 月 4 日-5 月 8 日 03 UT までの期間、06, 18 UT を定時観測と定めラングホブデ生物観測小舎 (69°15'S, 39°44'E, 海拔 5 m, 昭和基地の南約 30 km の露岩地帯) において、現地気圧、気温、風向・風速、全天日射量、日照時間、天気、雲、視程の観測を行った。

気圧は携帯式指示気圧計、気温は携帯用通風乾湿計を使用して観測した。風向風速は観測小舎前の測風ポール (10 m) に設置された風車型風向風速計を使用してデジタル式データ収録装置から読み取った。また、全天日射量は電気式全天日射計を、日照時間は回転式日照計

を使用して観測した。なお、気圧計は野外調査用である。

8.3.2. 観測経過

観測は生物観測支援に支障をきたさない範囲で行った。北側からすぐ東側に標高 500 m 近い山をひかえたラングホブデの地理的条件から、全天日射および日照時間の観測はこの方角をさえぎられたまま行わざるを得なかった。図 32 にラングホブデの地勢を示した。

各測器はおおむね順調に作動したが、強風時は飛雪による VHF アンテナからの静電気発

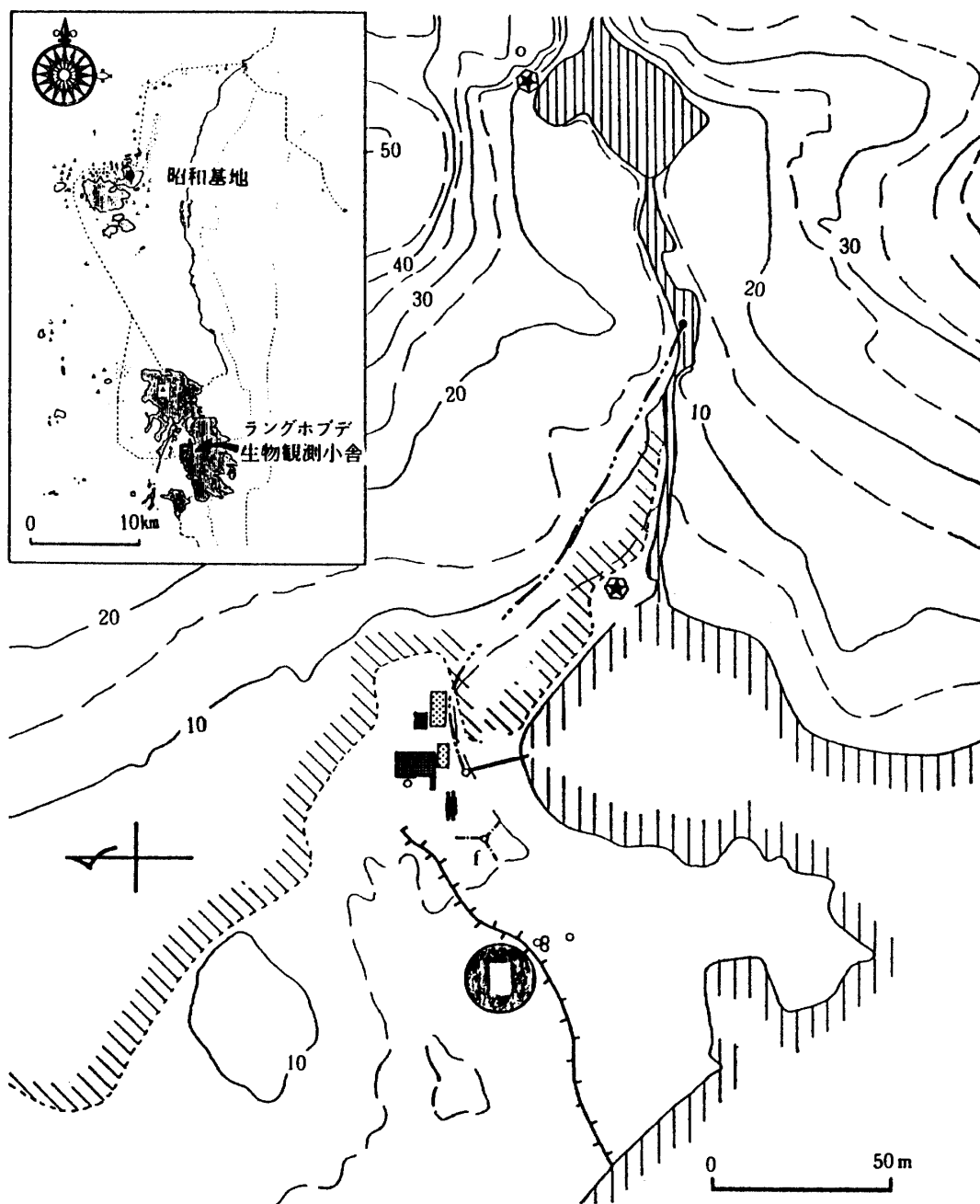


図 32 ラングホブデの地勢  
Fig. 32. Topography of Langhovde.

表 11 ラングホブデ地上気象観測結果  
 Table 11. Monthly summaries of surface observation at Langhovde.

月・時間 (UT)	平均 現地気圧 (mb)	平均気温 (°C)	平均湿度 (%)	最多風向 16方位	平均風速 (m/s)	平均雲量 (10分)	日照時間 (h)	全天日射量 (MJ/m <sup>2</sup> )
2月	06	(985.2)	(-2.2)	(40)	(E)	(4.5)	(7.2)	(171.4)
	18	(984.7)	(-2.3)	(48)	(ENE)	(5.4)	(7.0)	
3月	06	989.0	-4.3	49	NNE, ENE, E	4.5	7.5	130.1
	18	989.4	-4.3	50	NNE, ENE, E	4.8	6.8	
4月	06	986.3	-11.7	57	E	2.5	8.1	42.1
	18	986.9	-11.1	58	ESE	2.9	7.6	
5月	06	(981.2)	(-9.4)	(53)	(E)	(5.7)	(9.7)	(1.6)
	18	(980.0)	(-8.7)	(53)	(ENE)	(7.6)	(10.0)	

2月は4-29日、5月は1-6日(06 UT)の統計値(日照時間、全天日射量を除く)。  
 日照時間、全天日射量については2月は11-29日、5月は1-5日の統計値。

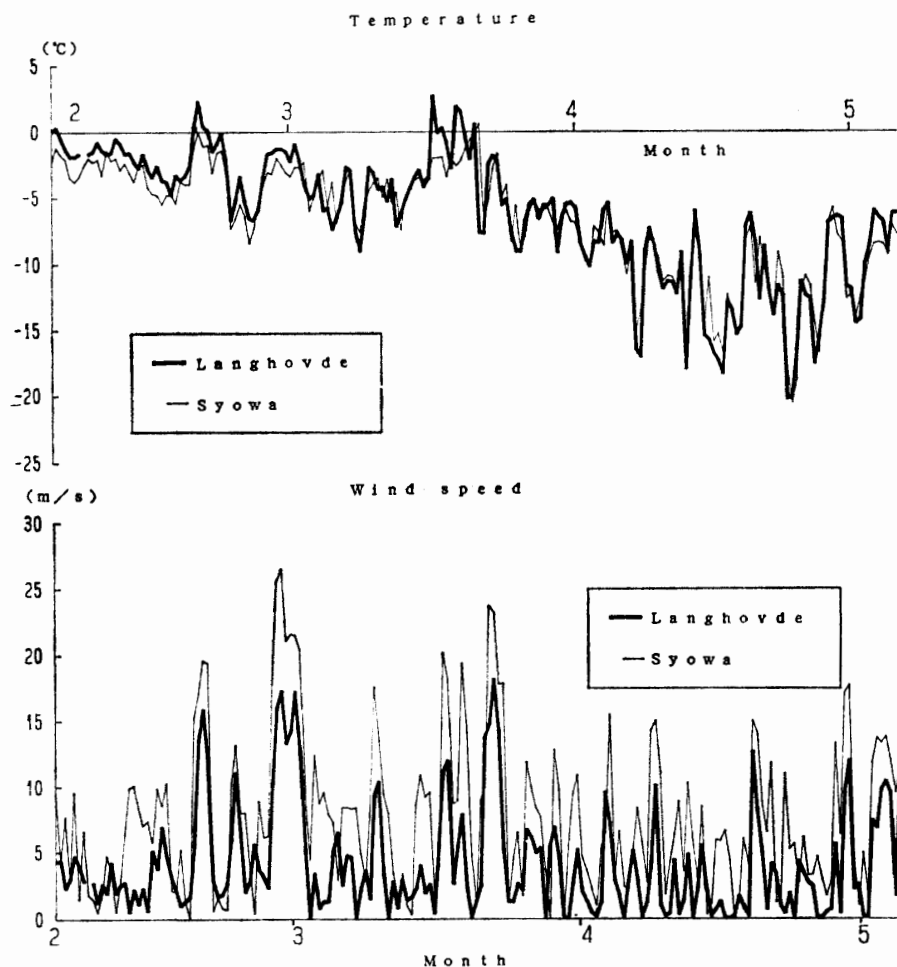


図 33 ラングホブデと昭和基地の地上気象観測結果(気温, 風速)

Fig. 33. Result of surface observations at Langhovde and Syowa Station (temperature and wind speed).

生を原因とした測器の誤動作があった。

### 8.3.3. 観測結果

観測結果を表 11 に示した。図 33 にこの期間の気温、風速の変化を示し、参考として昭和基地の 06, 18 UT のデータを示した。2 月はラングホブデの気温のほうが昭和基地より暖かく経過しているが、3 月に入るとこの差は小さい。風速はラングホブデのほうが昭和基地より全般に 5-10 m/s 弱い。これらはラングホブデの地理的条件が影響している。また、図 34 に 06, 18 UT それぞれにおける風配図を示した。風向は海陸風の日変化が現れている。風速は南西の風では弱く 5 m/s 以下である。また東よりの風はすぐ東にひかえたやつで沢やゆきどり沢の影響を受けている。全天日射量、日照時間は地形の影響を受け少ない。

露岩地域のため日射の影響を受けて対流活動を引き起こしており、3 月には短期間であるがしゅう雨、あられ、凍雨を観測した。

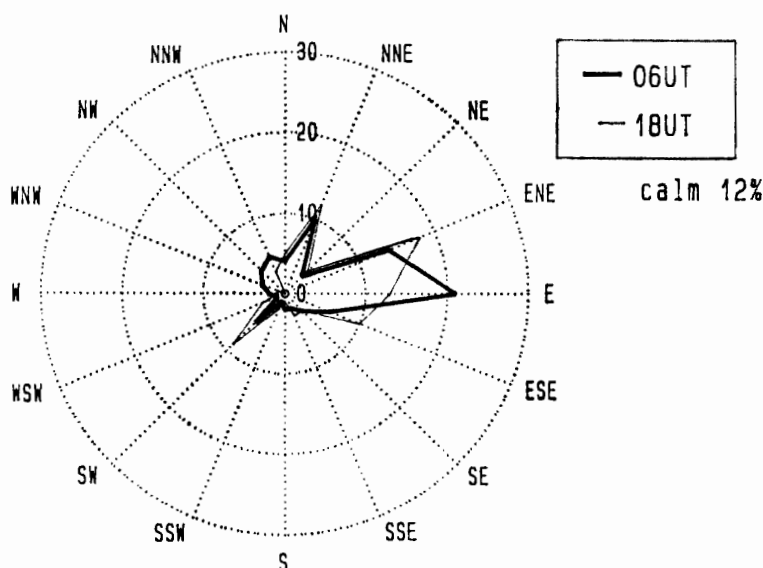


図 34 ラングホブデの風配図

Fig. 34. Wind rose at Langhovde (bold line) and Syowa Station (normal line).

### 8.4. ロボット気象計観測

大陸上の S16 (標高 500 m, 海岸から 10 km) に、高層気象観測で使用するレーウィンゾンデを改造したロボット気象計を設置して気温と風速を、また 7 月 27 日からは第 29 次観測隊で製作したポテンショメーターを使用した風向計を設置して風向も 1 日 2 回 (00, 12 UT の高層観測の前) 観測した。観測結果を図 35 に示す。気温および風速は 5 日移動平均した値である。

統計は時刻別に行った。特徴としては、気温、風速とも日照時間がない、あるいは短い冬の期間は 00, 12 UT の間にはほとんど差がない。また、1988 年前半と比べて比較的穏やか

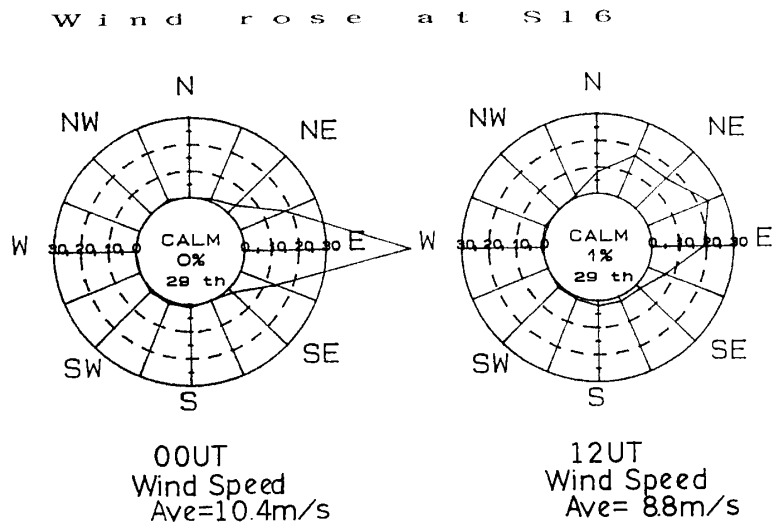
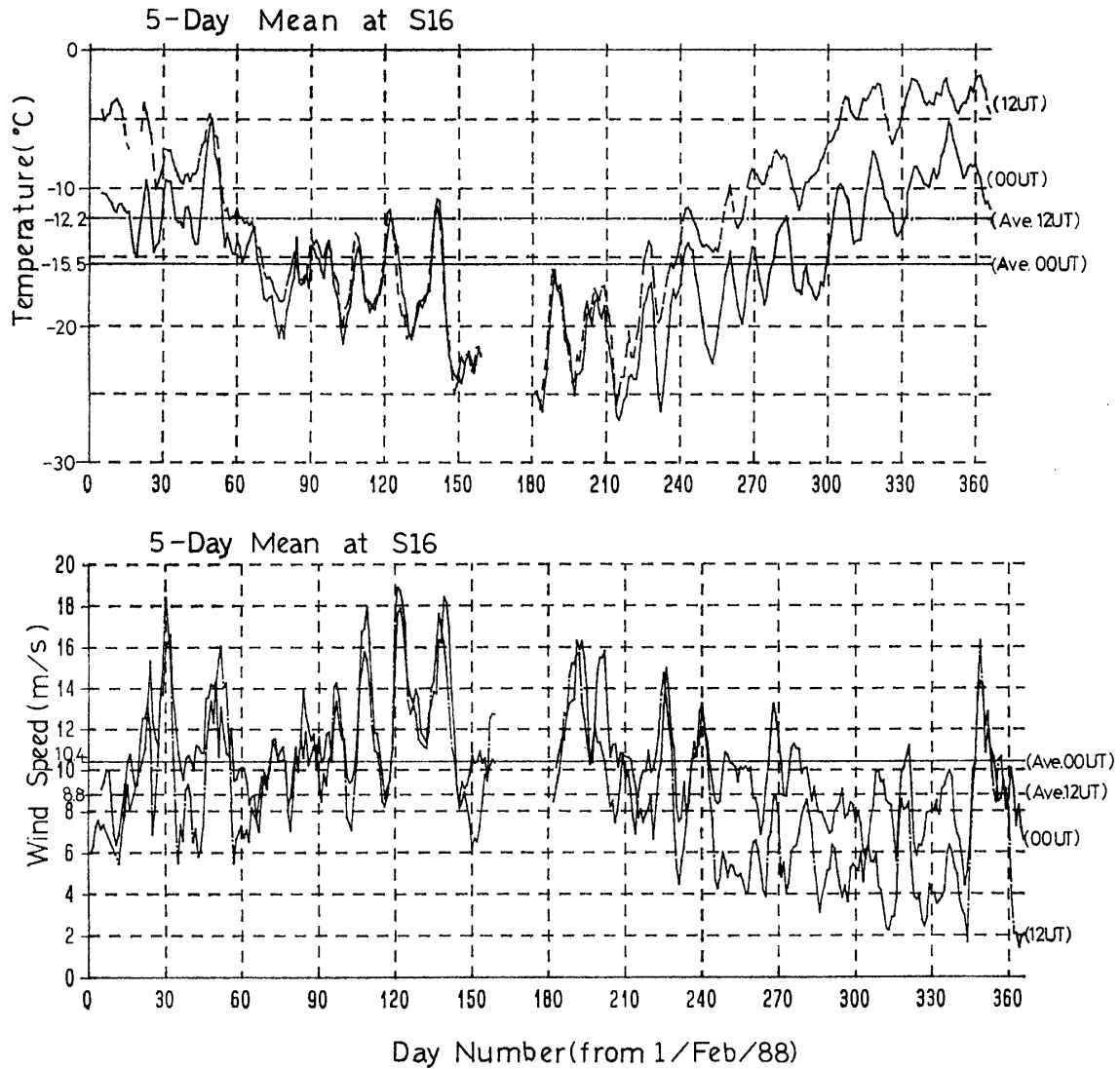


図 35 ロボット気象計観測結果

Fig. 35. Annual variations of synoptic data received from unmanned stations.

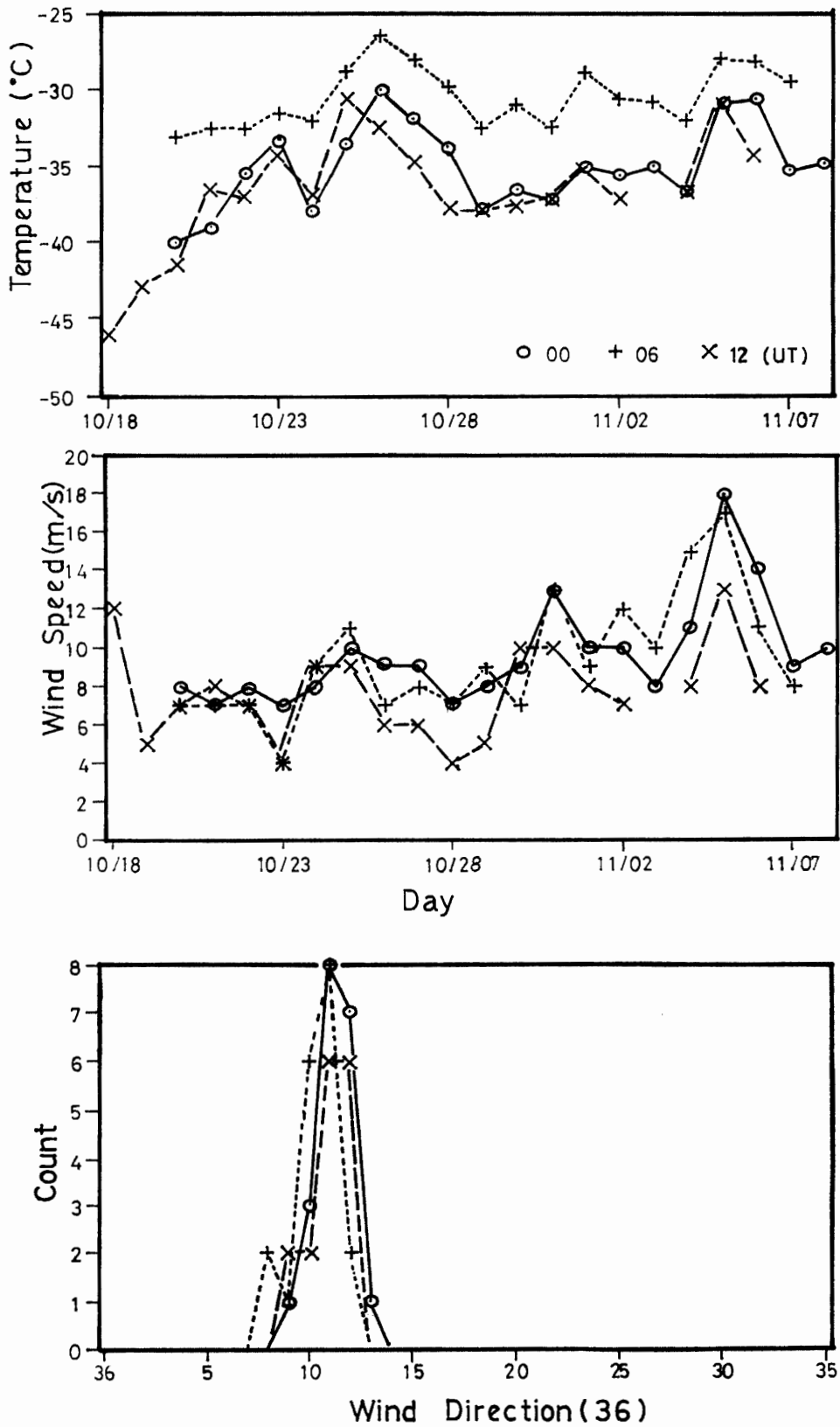


図 36 G6 における地上気象観測結果 (10月18日-11月8日)

Fig. 36. Result of surface observations at G6 from October 18 to November 8.

な日が多かった後半は、両者の差が大きくなっている。風向は冬の間は両者ともに東風が卓越するが、風速が弱まる 10 月頃から 12 UT には北成分が増加している。

### 8.5. 「内陸ラジオゾンデ観測」支援中に得られた結果

#### 8.5.1. 観測方法と測器

観測は昭和基地を離れた期間 (1988. 10. 3-12. 4) において 06, 12, 18 UT の 3 回を基本に適宜行った。

気圧は、600 mb 付近まで測定できる気圧計がないため、高度計を気圧計として使用することとし、あらかじめ昭和基地で気圧対高度の表を作成しそれを用いて観測した。気温は、携帯型温度計、風速は携帯型風速計、風向はハンドベアリングコンパスを使用して目視で観測した (G6 では竹ざおにひもを付けたものを吹き流しとして使用した)。大気現象、雲の観測も行い、みずほ基地以遠では 12 UT の観測は MOBIL として昭和、モーソン基地 (オーストラリア) を経由してメルボルン (オーストラリア) への通報を行った。最小単位はそれぞれ 1 mb, 0.1°C, 1 m/s, 1° である。

#### 8.5.2. 経 過

ほぼ順調に観測することができた。

#### 8.5.3. 観 測 結 果

図 36 に G6 (海拔 3006 m, 73°06'40"S, 39°45'31"E) における定点観測 (1988 年 10 月 18 日-11 月 8 日) の結果を時刻別に示す。

## 謝 辞

第 29 次観測隊の気象定常観測を遂行するにあたり、観測上の技術的援助・助言をいただいた国立極地研究所山内恭助教授および和田誠、青木周司、青木輝夫、森永由紀、瀬古勝基の 5 隊員、また船上観測で絶大なご支援をいただいた本田守忠艦長以下「しらせ」乗組員の方々に感謝すると共に、昼夜業務に対する配慮および技術的な助言などをいただいた渡邊興亜第 29 次観測隊長をはじめ隊員諸氏にあらためてお礼を申し上げます。

また、この報告をまとめるにあたり、気象庁前南極観測事務室長召田成美氏、現南極観測事務室長林則雄氏、国立極地研究所川口貞男教授にご指導をいただいた。ここに、厚く感謝の意を表します。

## 文 献

- JAPAN METEOROLOGICAL AGENCY (1989): Meteorological data at Syowa Station in 1987. *Antarct. Meteorol. Data*, **28**, 290 p.
- JAPAN METEOROLOGICAL AGENCY (1990): Meteorological data at Syowa Station in 1988. *Antarct. Meteorol. Data*, **29**, 329 p.
- 金戸 進・菅原英敏・荻原裕之・山本 哲 (1990): 第 28 次南極地域観測隊気象部門報告 1987. *南極資料*, **34**, 15-45.



気象庁 (1988): 気候系監視報告, **88-01-88-12**.

KOMHYR, W. D., FRANCHOIS, P. R., KUESTER, S. E., REITELBACH, P. J. and FANNING, M. L. (1988): ECC ozonesonde observations at South Pole, Antarctica, during 1987. NOAA Data Rep., ERL ARL, **15**.

MATSUBARA, K. and KAWAGUCHI, S. (1983): Spectral extinction measurement by sunphotometer at Syowa Station, Antarctica. Mem. Natl Inst. Polar Res., Spec. Issue, **29**, 85-93.

MATSUBARA, K., OHATA, T. and KAWAGUCHI, S. (1983): Turbidity over the Indian Ocean. Mem. Natl Inst. Polar Res., Spec. Issue, **29**, 77-84.

MATSUBARA, K., DOI, M., UEKUBO, T., OKADA, K., AOKI, S. and KAWAGUCHI, S. (1990): Results of ozone observation from equatorial region to Antarctica in 1987. Proc. NIPR Symp. Polar Meteorol. Glaciol., **4** (in press).

(1990年5月15日受付; 1990年6月5日改訂稿受理)